PERIODICAL Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Annual Report 1957

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1957

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1957

La Jolla California

1958

ERRATA: ANNUAL REPORT FOR 1957

Running head in English should read: "Annual Report for 1957"

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

MEMBERS

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

MIEMBROS

Costa Rica

José L. Cardona-Cooper
Virgilio Aguiluz
Víctor Nigro

Panamá

Miguel A. Corro
Walter Myers, Jr.
Domingo A. Díaz

United States—Estados Unidos de América

Lee F. Payne
Eugene D. Bennett
Arnie J. Suomela
Gordon W. Sloan

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1957

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1957

La Jolla California

1958

CONTENTS — INDICE

Annual Report of the Commission (Versión en inglés) 3-15

Informe Anual de la Comision (Spanish version) 16-30

APPENDIX (Versión en inglés)

A. Report of the Director on the investigations during the year 1957 31-79

APENDICE (Spanish version)

A. Informe del Director sobre las investigaciones efectuadas durante el año 1957 80-134

REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1957

The Inter-American Tropical Tuna Commission was established under authority of a Convention between the Governments of Costa Rica and the United States, which entered into force in 1950. The Convention provides for the adherence of other governments having an interest in the tuna and tuna-bait resources of the Eastern Tropical Pacific Ocean, by exchange of correspondence with existing members. Panama adhered to the Convention in 1953.

The purpose of the Commission is the gathering and interpretation of factual information to facilitate maintaining the populations of tunas and tuna-bait fishes at levels which will permit maximum sustained catches year after year. The Commission is authorized and directed to conduct necessary scientific investigations of all kinds, to publish reports on its research results, and to recommend from time to time, as necessary, on the basis of its scientific investigations, proposals for joint action by the member governments to maintain the fish populations at levels which will permit maximum sustainable yields.

Scientific research pursuant to the Convention is conducted by a permanent, international scientific staff, which is carrying forward investigations to provide necessary knowledge about the life history, population structure, behavior, and ecology of the tunas and of important bait-fish species, and to assess the effects of fishing and of natural factors on the abundance of their populations and on the harvests that can be made from them. It appears from the results of these researches that conservation measures are not yet required for any of the major fish populations, but the fishing power of the fleets and the current status of the fish stocks are continuously monitored, to enable the Commission to make pertinent recommendations whenever there appear to be imminent effects of fishing on the stocks which would jeopardize the possible attainment of maximum sustainable yields. This involves a continuing program of collection and evaluation of basic statistical and biological data for estimating the abundance of the fish populations, and the effects on them of changes in fishing effort and natural factors. Extensive continuing research on the biology, ecology, and behavior of the several species is providing an increasingly good understanding of the numerous factors which determine their abundance and yield, and will provide a sound basis for effective conservation recommendations when they are required.

Program of Investigations

During 1957, funds for research have been sufficient to support an investigational program adequate to provide on a reasonable time schedule the many kinds of information required by the Commission to carry out its obligations under the Convention.

In the conduct of the investigations, the scientific staff works in cooperation with several other governmental, university, and international research agencies in the Eastern Tropical Pacific. A great deal of research is conducted jointly with scien-

tists of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, where our headquarters laboratory is located; this makes possible effective and comprehensive studies at a lower cost than would otherwise be possible. The staff also has cooperated effectively with the California State Fisheries Laboratory, the Laboratorio Nacional de Pesca of Panama, the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru, the Meteorological and Hydrographic Branch of the Panama Canal Company, and other agencies.

During 1957, the Commission's approved research program has included:

1) Collection, compilation, and analysis of catch statistics, logbook records and related information for the tunas and bait fishes.
   a) Continuing routine collection and compilation of current data.
   b) Continuing analysis to study changes in abundance and yield in space and time, with particular reference to improvement of indices of abundance and fishing effort.
   c) Further development of mathematical models for the study of fishery dynamics based on catch statistics, and their application to the data of the tuna fishery.
   d) Initiation of studies of the dynamics of component populations as defined by ancillary biological data.

2) Investigations of life history, biology, population structure, and behavior of tunas.
   a) Continuation of program of collection of size-frequency data, by time and area strata, at ports of landing, to provide basic data on the variations in the size composition of the stocks.
   b) Commencement of analysis of size-frequency data for:
      1) Estimation of ages and growth rates, from modal progressions in time-sequences.
      2) Study of migration patterns and geographical boundaries of component stocks by matching of corresponding modes in adjacent areas.
   c) Commencement of studies of changes in abundance of age groups in space and time, by the combination of size-frequency data with catch-statistical data on catch-per-unit-of-fishing-effort.
   d) Analysis of morphometric data of yellowfin and skipjack tuna.
   e) Studies of tuna maturation, spawning, and early life history.
      1) Studies of maturation in various sub-areas based on examination of ovaries in commercial landings.
      2) Studies of distribution of planktonic larvae in collections made by research vessels.
      3) Studies of collections of juvenile tunas made incidentally to tagging, oceanographic, and other cruises aboard both commercial vessels and research vessels.

f) Studies of schooling habits of tunas.

1) Continued collection of data by scientists aboard tuna clippers, incidental to tagging cruises, respecting species composition and size composition of schools.

2) Analysis of data from tuna-clippers respecting species aggregation, by geographical area, and comparison with similar data from purse-seine logbook records.

g) Studies of feeding habits of tunas by examination of stomach contents.

h) Continuation of research on geographical and seasonal variations in standing crops and productivity of organisms at the base of the food chain, and the relationships thereof to regions of tuna concentrations.

3) Tuna tagging to study migrations, growth, and rates of exploitation.

a) Continuation of improvement of tagging and recovery methods.

b) Execution of full-scale tagging program throughout the year, from vessels based in U.S. and Peruvian ports.

c) Preliminary study of growth rates to verify results of length-frequency interpretation.

4) Oceanography and tuna ecology.

a) Continuing analysis of existing oceanographic and meteorological data to describe the general features of major currents and water-masses, and to correlate seasonal and annual variations of meteorological and oceanographic features.

b) Continuation of analysis of physical, chemical, and biological data from "Eastropic" and "Scope" expeditions.

c) Preparation of charts of thermocline topography, for different seasons, based on all existing bathythermograms from the Eastern Pacific. Correlation of variations of thermocline topography with the current systems, and with variations of biological properties.

d) Studies of the use of indicator organisms from the zooplankton to characterize biological provinces related to currents and water-masses.

e) Completion of a special cruise to study effects of Clarion Island on the physical and biological properties of adjacent waters; commencement of analysis of resulting data.

f) Continued compilation of surface temperature data from thermographs on selected commercial tuna-fishing vessels.

g) Establishment, in cooperation with Scripps Institution of Oceanography, of tide and temperature recording equipment on outlying islands. Cooperation in the development of fixed and free-floating instruments for obtaining time-series of oceanographic data in critical offshore localities.

5) Research on population structure, life history, behavior, and ecology of bait fishes.

   a) Continued studies in the Gulf of Nicoya to evaluate transplantation experiment, and to study life history and ecology of anchovetas, and other clupeoid fishes.

   b) Continued studies in the Gulf of Panama and adjacent areas of the life history, biology, and ecology of the anchoveta stocks of that region.

   c) Collection of materials on field trips to other areas to supplement collections made by the tuna fleet.

   d) Continuation at headquarters and regional laboratories of studies of larval and juvenile stages of anchovetas and related species; racial characteristics of anchoveta populations; age, growth, longevity, and reproduction of anchovetas from all major baiting areas.

Progress on Investigations

During the year scientific investigations have been conducted by the staff along the various avenues outlined in the foregoing approved research program. Good progress has been made on most of them. Additional efforts have been devoted to the collection of materials and data at sea, both from research vessels and from commercial fishing vessels. A considerable share of the staff's time has been spent on the completion of analyses, and preparation for publication of results, on several phases of the investigations. With the completion of some research projects, increased emphasis has been placed on others, in particular on those bearing on the priority problem of elucidating the population structure and migrations of the tuna species.

An important, continuing task is the assessment of the condition of the various fish stocks, with respect to that condition corresponding to maximum sustainable average harvests. This is accomplished by measuring population abundance, as encountered by the fishermen, fishing intensity, and total catch, from the records of the fishery, according to standard methods described in previous reports. From these data, in comparison with comparable series extending over past years, it is possible to estimate the current condition of the fishery for each of the species of concern to the Commission and the member governments . At the same time, the staff keeps track of the potential fishing power of the tuna-boat fleets, and of probable trends in the near future, as a basis of estimating the fishing effort to which the fish populations are likely to be exposed.

Analyses of historical data for skipjack tuna, reported previously in the Annual Reports and the *Bulletin,* have shown that the aggregate of the stocks of this species in the Eastern Tropical Pacific are underfished at levels of fishing effort so far attained. This species shows rather wide variations in abundance, measured by the catch-per-unit-of-fishing-effort, from year to year, but these variations are not correlated with variations of fishing effort. Thus, at levels of fishing effort so far observed, any effects of fishing on this species have been impossible to detect against the background of variations due to other, fishery-independent factors. During 1957, the apparent abundance of skipjack declined somewhat from the previous year, reaching a

level near to, or perhaps below, the long-term average. This, coupled with some decrease in fishing effort, resulted in a decrease in the total catch.

The results of analysis of historical series of similar data on the operations and results of the fishing fleets with respect to yellowfin tuna have indicated that the stocks of this species in the Eastern Tropical Pacific, unlike skipjack, are being fished at levels of fishing effort sufficient to measureably affect their abundance. It has been shown that major changes in abundance are related to changes in the amount of fishing effort. The quantitative relationships among fishing effort, average abundance, and average total catch, for the aggregate of all stocks in the Eastern Pacific, have been estimated, with the aid of mathematical models. It is indicated from these studies that the maximum average sustainable harvest, in the neighborhood of 195 million pounds per year, corresponds to a fishing intensity of about 35,000 standard units of fishing effort. This level of effort was approached some years ago, but subsequently the fishing fleets have decreased, and the current level of effort is well below 35,000 standard units. During 1957, the average apparent abundance of yellowfin remained at nearly the same level as the previous year, while the fishing effort declined, resulting in a lower total catch than in 1956.

The measurements of apparent abundance of the tuna species were undoubtedly affected, during 1957, by changes in availability to capture related to oceanographic changes. Charting of the geographical and seasonal distributions of catches has not yet been completed for this year, but it is known that they will be rather different from those of a "normal" year, particularly toward the northern and southern extremes of the range of the fishery. This corresponds to the occurrence of pronounced "El Niño" conditions off northern South America, and to abnormally high water temperatures off Baja California at the northern extremity of the fishery.

In addition to the continuing compilation and analysis of catch statistics and related data in accordance with present routine methods, the staff is conducting various investigations toward the development of new and improved indices of abundance, discounting some of the effects of variable availability of the fish to the fishermen. Research is also being done to obtain an understanding of the effects of variations in availability on the variations in catch.

The staff also obtains, from the records of the fishing vessels, estimates of the harvest of each of the kinds of fish used for tuna-bait, for each of the baiting areas used by the clipper fleet. Total bait used by the fleet rose slightly during 1957 from the previous year, in correspondence with the slight change in total fishing effort. Use of anchovetas, which is the principle bait species, however, increased, the increase being largely attributable to unusually high abundance of this species in Magdalena and Almejas Bays in Baja California. In consequence, the vessel captains apparently used more of this species in preference to California sardines, the catches of which dropped from the previous year.

Assessment of the effects of fishing on the stocks of each of the tuna species in the Eastern Pacific has been based, so far, on considering the members of each of them as belonging to a single population unit. It is apparent that this assumption is not altogether correct. Various lines of investigation indicate that each species is probably

composed of several sub-populations, which do not mix freely with each other. It is desirable, therefore, to investigate the dynamics of each sub-population. To make this possible, however, it is necessary to identify the sub-populations, and to determine their geographical distributions. Much of the effort of the research staff is, therefore, being devoted to elucidating the population structure and migrations of the tuna species, by several lines of approach.

Morphometric comparison of samples from different fishing areas has indicated that there is heterogeneity among the populations of tunas of commercial sizes in different areas. The magnitude of the morphometric differences is, however, so small that this approach appears incapable of being of much value in identifying population units. These studies are, therefore, being terminated after publication on data so far collected.

The most direct approach to studying the migrations of adults tunas, and thus investigating the degree of mixing of individuals from different areas, is by the liberation and subsequent recovery of tagged specimens. This approach, however, for the tunas presents a number of technical difficulties. Efforts in this direction during 1956 were devoted very largely to the improvement of tagging techniques. During 1957 these efforts have been continued, along with operations to improve the recovery of tags from the specimens which are subsequently recaptured. During this year, also, the program of tagging has been increased, both from vessels based in California ports, and from vessels operating out of northern Peru, to give wide geographical and temporal coverage of tag liberations. During cruises completed up to the end of December 1957 there have been tagged (during the two years) from California-based clippers, and from vessels based in Peru, 6,153 yellowfin tuna and 14,726 skipjack. From these, there have been obtained recoveries of 210 yellowfin and 277 skipjack. In consequence, there is beginning to emerge some understanding of the migrations. One evident result, so far, is that both of these tuna species are a good deal less migratory than might have been expected. Many of the tagged fish, even after many months at liberty, are recovered within less than a hundred miles of the point of tagging. Some specimens move several hundred miles between tagging and recovery, but the largest distances so far recorded are but a fraction of the range of the species along the coast of the Americas. Within certain regions, there appears to be rather free migration, which, in some instances shows a seasonal pattern, while there is evidence of little or no mixing between some other areas. Results are, of course, yet inadquate for even tentative conclusions, but the results to date appear very promising.

A completely different, but correlative, approach to the problem of population structure and migrations is the study of the occurrences of modal sizes of commercially caught tunas in samples of catches from adjacent geographical areas. This approach is beginning also to bear fruit. It has, in particular, been possible to follow throughout the year modal groups of yellowfin tuna as they shift between areas off Baja California and off the Mexican coast north of the Gulf of Tehuantepec. From these same "market measurement" data it is also possible to estimate growth rates from the rates of progression in time of modal groups. This may make possible the determination of whether there are growth-rate differences in different sampling areas. This study

is, however, complicated by evidence that the growth rates are different for different year-classes in the same area.

Other aspects of the life history, ecology and behavior of the tunas are also of importance for the elucidation of their population structure; as a basis of understanding the reactions of the populations to changes in fishing effort and in fishery-independent factors; and as a basis of understanding the variations of their availability to capture; as well as for providing part of the basis for effective conservation regulation when required. Investigations of several kinds continue to be pursued.

By the combination of data on size composition of catches, from the "market measurement" program, with data on abundance from the logbook records, and with data on the length-weight relationship of each species, it is possible to arrive at estimates of relative abundance of size classes by temporal and geographical strata. From these, the staff expects to be able to estimate variations in year-class strength, variations in availability of year-classes, and perhaps to infer something about mortality rates. The series of market-measurement data are only now beginning to be adequate for the computations required for these researches, hence no results can yet be reported.

Spawning of the tunas is being investigated by two means: examination of ovaries of females in commercial landings, and the identification of larvae and juveniles captured by scientists at sea. From the examination of gonads of the tunas, it has been possible to infer that certain regions are spawning centers at certain times of the year, and to infer that little or no spawning occurs in certain other areas. There appear to be notable differences between the two tuna species. Whereas yellowfin tuna with very advanced gonads, indicating imminent spawning, have been captured in some areas adjacent to the mainland, as well as in areas far offshore, skipjack of similar conditions have been found only in the far-offshore areas.

Determination of spawning areas by the identification of larval and juvenile forms, taken by plankton hauls from research vessels and by dipnetting at night, under a light, from commercial fishing vessels, involves the ability to identify the young stages of yellowfin and skipjack tuna. This problem is complicated by the occurrance in our area of investigations not only of these two species, but of several other kinds of tunas and related scombroid fishes. It is necessary, therefore, to study the developmental stages of all of these species. This work is being facilitated by the study of material not only from our area, but also from other areas of the Pacific and Atlantic Oceans. Collections so far identified from our area were made on oceanographic cruises of research vessels and on trips aboard commercial fishing vessels, having other primary objectives. Therefore, although there is wide geographical coverage, the collections seldom correspond in a given area to the suspected season of most spawning. Nevertheless, it has been possible to demonstrate the occurrence of larval and juvenile yellowfin tuna over a wide geographical area from the vicinity of Baja California to off Colombia; some specimens have also been identified from very far offshore, in the vicinity of 120° W longitude. Fewer young skipjack have been, so far, discovered. Only two specimens (from off Central America) have been found in collections within a few hundred miles of the coast. A number have been captured very far offshore.

Guided by the results of the gonad examinations, there were commenced in 1957, special research cruises to make plankton hauls in suspected spawning areas at the most likely season. Such a cruise was made in June to the vicinity of the Revilla Gigedo Islands, but the material collected has not yet been sorted and identified. A similar series of net-hauls will be made in June in the area off Mexico between the Gulf of Tehuantepec and the Tres Marias Islands, which is suspected to be a spawning area for yellowfin tuna at that time; this is part of a multi-purpose cruise (SCOT Expedition) being undertaken cooperatively by our staff and scientists of the Scripps Institution of Oceanography.

Studies of feeding habits of tunas by examination of the stomach contents of specimens captured at sea in the course of tagging cruises are being continued. These studies are also being supplemented by examination of stomach contents of specimens landed commercially at San Diego.

Studies of schooling habits of the tunas have been continued. Sufficient data have been accumulated on tagging cruises to provide estimates for tuna-clippers of the share of the catch of each species that is made from pure single-species schools and from mixed schools, to compare with similar data previously derived for purse-seiners from logbook records. For both types of gear, the bulk of the catch is made from pure schools, but the percentage of the catch from pure schools is less for clippers than for seiners. Geographical variations in the percentage of the catch made from pure schools appear to be similar for the two types of gear.

Random samples of lengths of fish from individual schools encountered in the course of tagging cruises have continued to be collected. These data will be used, when sufficient, to investigate the tendency of each of the tuna species to school by size.

Investigations in physical, chemical, and biological oceanography, which are an essential part of the investigations of the ecology of the tropical tunas, have continued to be vigorously pursued during the year. These have included studies of the general circulation and distribution of properties in the Eastern Tropical Pacific Ocean, and studies of particular features and processes believed to be of particular importance to the ecology of the tunas.

There were completed during the year average seasonal charts of the thermocline topography of the Eastern Tropical Pacific, by quarters of the year, based on many thousand bathythermograph observations. The thermocline topography has been shown to be related to the productivity of different areas, as reflected in the standing crops of zooplankton, areas of shallow thermocline being areas of high productivity. Such areas also correspond to areas of good tuna fishing. A hypothesis for the mechanism by which the productivity of the surface waters is maintained in regions of shallow thermocline has been advanced, based on data obtained on *Eastropic* and *Scope* expeditions in the region of the Costa Rica thermal dome.

It has also been shown that the general horizontal surface circulation inferred from thermocline topography corresponds with observed mean surface currents from ship observations tabulated by the U.S. Hydrographic Office. Preparation has been started of a series of monthly charts of surface currents for use in future studies.

Investigations of sub-surface currents in our region, based on isentropic analysis of data from previous expeditions has been commenced. Studies are also underway of distributions of chemical constituents which are related to the biological cycle, and will be of value in understanding the geographical variations in biological processes in our region.

Data of the *Scope* expedition, described last year, have been processed and promulgated as a data report for other workers. Studies of the biological elements in relation to other oceanographic factors are being conducted by members of our staff and by scientists of the Scripps Institution of Oceanography. An expedition to obtain comparable data in the sea areas between California and Panama at the opposite season of the year (*Scope* was in the fall) has been planned for May and June 1958, as a cooperative venture of the Commission and Scripps Institution.

Studies of the zooplankton communities in the Eastern Pacific, with special reference to biological indicators of biotic provinces, which may be related to the currents and water-masses, has continued. These studies are based on samples collected during *Eastropic* and *Scope* expeditions.

A detailed study was made during the summer of the distribution of physical, chemical, and biological properties, including primary production and standing crops of phytoplankton and zooplankton, in the environs of Clarion Island, in the Revilla Gigedo group. This study was made because it has been observed that tunas tend to be concentrated near offshore islands, and it was hypothesized that this is due to the island so effecting the circulation as to cause a greater supply of nutrients to reach the surface waters, thus supporting increased crops of pelagic organisms near the bottom of the food chain. The data from the Clarion survey do not support this hypothesis for this location. There were no obvious effects of the island on the distributions of the many properties measured. It is yet possible that food is the major attractant to tunas here, if the contribution of benthonic forms supported by sessile plants is a signifcant part of the tuna's diet in this locality. This is being investigated. It is also possible that the tunas congregate here for some other, unknown reason.

During this same cruise, a brief study was made of the waters adjacent to and overlying a recently discovered seamount, rising to within fifteen fathoms of the surface, located about 180 miles southwest of Clarion Island. Preliminary review of chemical and biological data from here reveal some slight effect of the seamount on some properties. This seamount area has produced over 600 tons of tunas to the few vessels which fished there during 1957.

The compilation and analyses of time-series of oceanographic data from the Eastern Tropical Pacific is fundamental to eventual understanding of short and long term variations in the tuna fisheries. The existing series of data, from shore stations and from observations of merchant vessels traversing the area, are inadequate. Our staff is, therefore, working toward the accumulation of more and better information. We are charting surface temperatures logged by tuna vessels, and have equipped a number of such craft with continuously recording thermographs. Collection of subsurface temperature data by means of bathythermographs supplied to tuna vessels has proven not productive, but our scientists are making some observations of this

sort with equipment installed on vessels on which they make tuna-tagging cruises. We have also commenced the installation of automatic recording instruments at suitable offshore islands and coastal locations, in cooperation with other agencies. Work is being done toward the development of instruments for use from anchored buoys at critical localities.

In June 1957 scientists of the Department of Meteorology of the University of California at Los Angeles began working, under contract with the Commission, on studies of the relationship of meteorology and oceanographic factors in the Eastern Tropical Pacific, with initial emphasis on the phenomena related to "El Niño" conditions off South America. Based on surveys of the literature and the examination of meteorological data for some years which were, and some which were not, "El Niño" years there has been advanced a tentative hypothesis that these variations may be related to variations in the location of the South Pacific High. Data from the southern ocean are, however, so sparse that it is difficult to verify this.

Research on biology and ecology of bait fishes continues to be concentrated primarily on the anchoveta, which is the most important of the tuna-bait species. Scientists at our headquarters and field laboratories completed, during the year, studies of the age, growth and spawning seasons of this species in the Gulf of Panama, and made a large advance toward completion of similar studies for other important baiting areas. A study of racial characters, both meristic and morphological, of anchovetas from many different baiting areas has confirmed the conclusion from earlier studies, based on less material, that each major baiting area contains an independent population.

Studies of material collected in Panama during the 1956-57 spawning season of the anchoveta have successfully identified the pelagic egg of this species, and a start has been made on identification of larval stages. The diurnal periodicity of spawning, and the location and time of spawning in some parts of the Gulf of Panama during the 1956-57 season, have been determined from the occurrence of anchoveta eggs in the collections. A much more extensive survey is being made in the Gulf during the 1957-58 season.

Cruises were made between the Gulf of Panama and baiting areas in Columbia to the south, and in Montijo Bay to the north, during the spring of 1957 in an attempt to ascertain whether the distribution of juvenile anchovetas is or is not continuous between these areas. Results are inconclusive, due to the survey having been delayed until too late in the year, as a result of operational difficulties with our research launch. It is planned to accomplish this during the early spring of 1958 by aerial surveys.

Further attempts at studying migrations of anchovetas in the Gulf of Panama by tagging were unproductive. Experiments with holding tagged specimens in live boxes have demonstrated a considerable initial mortality due to tagging, and have indicated a great deal of shedding of tags. Efforts are now being devoted to development of a better tag, prior to any further large-scale field experiments.

Observations were continued to measure, in the Gulf of Panama, seasonal variations in various physical, chemical, and biological properties, to elucidate the seasonal cycle of changes related to upwelling, and the year-to-year variations therein. Analyses

were completed of certain aspects of the series of hydrographic and meteorological data collected since 1908 by the Panama Canal Company, and a manuscript for publication prepared on the results. There is a long-term secular trend in these data, indicationg lesser upwelling, on the average, in recent years than in early years of the series. There is also some slight evidence of a cyclic component. Due to a random component of large magnitude, however, the forecasting value of the trend and cycle is very low.

At our laboratory on the Gulf of Nicoya, Costa Rica, observations continued to be made throughout the year on the occurrence and distribution of anchovies and other species of engraulid and clupeoid fishes. The small population of anchovetas is being maintained by reproduction, as evidenced by the capture of numerious young specimens during the winter months, but there is little evidence of any substantial increase in the population.

There is present in the Gulf of Nicoya a considerable population of herring *(Opisthonema)*. This species is suitable for tuna bait, and Costa Rican fishermen have evidenced interest in using it for this purpose. We have, during the year, intensified investigations of the life history of this species in this area.

Observations on hydrographic factors in the Gulf of Nicoya were continued during the year, by means of collection of data on temperature and salinity at Puntarenas throughout the year, and by the occupation of regular hydrographic stations at serveral locations several times during the year. The accumulated data of the past several years are in process of analysis. It appears from these studies that, unlike the Gulf of Panama, upwelling effects are slight or absent, and that the seasonal cycle is primarily determined by the seasonal changes in solar radiation and precipitation, including river-runoff.

A more detailed report on the research during 1957, by the Director of Investigations, is attached hereto as Appendix A.

Publication of Research Results

Preparation for publication of reports on the research results, as progress along the various lines of investigation makes this possible, is an essential part of the research program. Indeed, until the results have been published, a scientific study cannot be regarded as completed, because its value can develop only as the new knowledge is widely disseminated.

The Commission publishes the research results of its staff, and of cooperating scientists, in it *Bulletin* series. During 1957, three reports were completed for publication in this series, and several others are well advanced toward completion. Of the reports which have been completed, listed below, the first two have been printed and the third will be off the press early in 1958:

Bulletin, Volume II, Number 5 — "An analysis of methods of sampling to determine the size composition of commercial landings of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*)" by Richard C. Hennemuth (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 6 — "A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean" by Milner B. Schaefer (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 7 — "Geographical distribution of the annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Tropical Pacific Ocean, from vessel logbook records, 1952-1955" by Bell M. Shimada (English and Spanish).

In addition to these Bulletins, two papers by our staff members were published during the year in other journals (See Report of the Director of Investigations, page 79).

Committees of the National Academy of Sciences - National Research Council

During the year, Dr. Schaefer continued to serve on a Committee of the National Academy of Sciences - National Research Council of the United States, under the Chairmanship of Dr. Roger Revelle of the Scripps Institution of Oceanography to consider the Biological Effects of Atomic Radiation in Oceanography and Fisheries. A detailed report on this subject has been completed and is currently in press.

Toward the end of the year, Dr. Schaefer was also invited to serve on a Committee on Oceanography, under the Chairmanship of Dr. Harrision Brown, of the California Institute of Technology, to deal with broad problems of oceanography in the United States. This Committee held its first meeting on 23 November 1957.

Membership Change

On 10 May 1957, Mr. Arnie J. Suomela was appointed to membership on the United States Section of the Commission, to replace Col. John L. Farley, who resigned in Feberuary 1957.

Annual Meeting

The Commission held its regular annual meeting in San José, Costa Rica, on 12 March 1957. The following actions were taken:

1) Approved publication of the annual report for 1956.

2) Reviewed research in progress and discussed and approved the program of investigations for the fiscal year 1957-1958.

3) Discussed the forecast of the research program and budget requirements for fiscal year 1958-1959. Recommended to the member governments, for that fiscal year, a research program requiring a budget of $352,725.

4) Approved an employee retirement plan developed for the several international fishery Commissions of which the United States is a member, and authorized the inclusion in the recommended budget for joint expenses of the Commission during fiscal year 1958-1959, the amount of $10,000 for this purpose, this amount being in addition to the amount of $352,725 previously approved for the joint expenses of the research program.*

* Establishment of this plan is subject to approval of 75% of the members of the permanent staff.

5) Determined, on the basis of current statistics of utilization of yellowfin and skipjack tuna in the respective member countries, that the joint expenses of the Commission during fiscal 1958-1959 should be in the following proportions: United States 99.7%, Costa Rica 0.3%, Panama, minimum contribution of $500.

6) Discussed further a proposal which had been made at the previous year's annual meeting to provide certain fellowships for students of oceanography and marine biology; on the basis of this discussion, the proposal was temporarily withdrawn.

7) Elected Sr. Lic. José L. Cardona-Cooper, of Costa Rica, Chairman, and Mr. Gordon W. Sloan, of the United States, Secretary, for the next year.

8) Agreed to hold the next annual meeting in Panama City, Republic of Panama, on the second Tuesday in February 1958.

The current level of financial support, which was attained in mid-1956, has made possible an investigational program which is believed to be fully adequate to enable the Commission to carry out all of its duties under the Convention on a reasonable time schedule. The pursuit of this extensive program with a modest budget is, however, only possible because of the continued cooperation of other agencies, whose assistance is gratefully acknowledged.

The intensity of fishing on the tuna and bait fish stocks during 1957 was slightly lower than in 1956, as a result of losses of vessels from the fishing fleet and some continued curtailment of fishing vessel operations due to economic circumstances. It remains at a level sufficiently low that none of the species with which we are concerned appear to be in danger of overfishing. Yellowfin tuna are being fished at an intensity not far below that which is estimated to correspond to maximum sustainable average catch, but with the present capability of the fishing fleets, it is very unlikely that such a level of fishing effort can be attained, even with full operation of all vessels. There is, therefore, no need for conservation recommendations at this time.

INTER-AMERICAL TROPICAL TUNA COMMISSION

José L. Cardona-Cooper, Chairman
Virgilio Aguiluz
Víctor Nigro
Miguel A. Corro
Walter Myers, Jr.
Domingo A. Díaz
Lee F. Payne
Eugene D. Bennett
Arnie J. Suomela
Gordon W. Sloan, Secretary

INFORME DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1957.

La Comisión Interamericana del Atún Tropical fué establecida en virtud de una Convención entre los Gobiernos de Costa Rica y de los Estados Unidos, cuya vigencia comenzó en 1950. Dicha Convención permite la entrada de otros gobiernos que tengan interés en los recursos de atún y de peces de carnada para su pesca en el Océano Pacífico Oriental Tropical, mediante el intercambio de correspondencia con los países firmantes. Panamá se adhirió a la Convención en 1953.

El propósito de la Comisión es el de recoger e interpretar la información que facilite el mantenimiento de las poblaciones de atún y de los peces que sirven de cebo para pescarlo, a niveles que permitan sostener pescas máximas año tras año. La Comisión está autorizada y obligada a efectuar las investigaciones científicas que se consideren necesarias, a publicar informes sobre los resultados de las mismas, y a recomendar de tiempo en tiempo, según las necesidades y sobre la base de esas investigaciones, medidas para una acción conjunta a tomar por los gobiernos miembros, tendiente a mantener las poblaciones de peces a niveles que permitan un rendimiento máximo sostenible.

De acuerdo con la Convención, el trabajo científico está a cargo de un grupo internacional permanente formado por hombres de ciencia que realizan investigaciones en la búsqueda de conocimientos acerca de la historia natural, la estructura de las poblaciones, los hábitos y la ecología del atún y de las especies importantes de carnada, con el objeto de determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre la abundancia de las poblaciones de dichos peces y sobre la producción que puedo obtenerse de esos recursos. Pareciera, a juzgar por los resultados de estas investigaciones, que no se necesitan todavía medidas de conservación para ninguna de las más importantes poblaciones de peces, pero la capacidad de pesca de las flotas y el estado de los recursos en el mar son vigilados continuamente a fin de que la Comisión se encuentre en condiciones de hacer recomendaciones pertinentes cuando los efectos de la pesca aparezcan con inminente peligro de afectar los stocks de modo que pueda reducirse el nivel que sostiene una producción máxima permanente. Esto comprende un programa continuo de recolección y evaluación de datos estadísticos y biológicos básicos, para la estimación de la abundancia de las poblaciones de peces y de los efectos que sobre ellos producen los cambios en el esfuerzo de pesca y en los factores naturales. Un estudio amplio y continuo de la biología, la ecología de los hábitos de las diversas especies, nos está proporcionando un buen conocimiento, siempre creciente, de los numerosos factores que determinan su abundancia y rendimiento, y nos dará la base suficiente para emitir recomendaciones efectivas de conservación cuando éstas se requieran.

Programa de investigaciones

Durante 1957, los fondos dedicados a investigaciones han sido suficientes para cumplir un programa adecuado de estudio que nos proporcione, en un período razonable, las diversas clases de información que la Comisión necesita para llevar adelante las obligaciones impuestas por la Convención.

En la realización de sus estudios, el personal científico trabaja en cooperación con varias otras entidades u oficinas gubernamentales, universitarias e internacionales de investigación en el Pacífico Oriental Tropical. Una gran parte del trabajo se hace en forma conjunta con científicos de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, en donde tenemos instalados nuestros laboratorios principales; esto permite amplios y efectivos estudios a un costo más bajo de lo que resultaría una labor aislada. El personal también ha cooperado eficientemente con el Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, el Laboratorio Nacional de Pesca de Panamá, el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú, las Secciones Meteorológica e Hidrográfica de la Compañía del Canal de Panamá y con otras entidades.

Durante 1957, el programa de investigaciones aprobado por la Comisión ha incluído los siguientes puntos:

1) Recolección, compilación y análisis de las estadísticas de pesca, de los registros de las bitácoras de las flotas y de la información sobre el atún y los peces de carnada relacionada con esos registros.
   a) Recolección y compilación rutinaria y continua de los datos corrientes.
   b) Análisis continuo para el estudio de los cambios en la abundancia y el rendimiento en el tiempo y en el espacio, con particular referencia al mejoramiento de los índices de abundancia y al esfuerzo de pesca.
   c) Mayor desarrollo de modelos matemáticos para el estudio de la dinámica de la pesquería sobre la base de las estadísticas de pesca, y su aplicación a los datos de la pesquería de atún.
   d) Iniciación de estudios sobre la dinámica de las poblaciones componentes, de acuerdo con lo indicado por los datos biológicos ancilarios.

2) Investigaciones sobre la historia natural, la biología, la estructura de las poblaciones y los hábitos del atún.
   a) Continuación del programa de recolección de los datos sobre frecuencia de tamaños, por estratos de tiempo y área, en los puertos de desembarque, a fin de obtener datos básicos sobre las variaciones de la composición de tamaños de los stocks.
   b) Iniciación del análisis de los datos sobre frecuencia de tamaños para los siguientes fines:
      1) Estimación de las edades y de las proporciones del crecimiento según las progresiones modales en las secuencias de tiempo.
      2) Estudio de los movimientos migratorios y de los límites geográficos de los stocks componentes, mediante la confrontación de los correspondientes modos en las áreas adyacentes.
   c) Iniciación de los estudios sobre los cambios en la abundancia de los grupos de edades en el espacio y en el tiempo, mediante la combinación de los datos sobre frecuencias de tamaños con los datos estadísticos de la pesca por unidad de esfuerzo.

d) Análisis de los datos morfométricos de las especies de atún aleta amarilla y barrilete.

e) Estudios sobre la madurez sexual, el desove y primeros pasos de la historia natural del atún.

1) Estudios sobre la madurez en varias subáreas con base en el exámen de los ovarios de ejemplares muestreados en los desembarques comerciales.

2) Estudio de la distribución de larvas planctónicas en las recolecciones hechas por los barcos dedicados a la investigación.

3) Estudio de las recolecciones de atunes juveniles hechas incidentalmente en viajes dedicados a la marcación de ejemplares, a investigaciones oceanográficas y a otros objectivos, a bordo de barcos tanto comerciales como de investigación.

f) Estudios sobre los hábitos gregarios del atún.

1) Recolección continua e incidental de datos por los científicos a bordo de los clípers atuneros en los viajes dedicados a la marcación de ejemplares, con respecto a la composición de las especies y a la composición de tamaños de los cardúmenes.

2) Análisis de los datos recogídos en los clípers atuneros, con respecto a la agrupación de las especies, por áreas geográficas, y comparación con datos similares obtenidos de los registros de las bitácoras que llevan los barcos rederos.

g) Estudios sobre los hábitos alimentarios del atún mediante el exámen del contenido estomacal.

h) Continuación de las investigaciones sobre las variaciones geográficas y estacionales en las cosechas estables y en la productividad de los organismos de la base de la cadena alimenticia, y sobre la relación que tales variaciones tienen con las regiones en que se concentra el atún.

3) Marcación del atún para el estudio de sus movimientos migratorios, crecimiento y la proporción en que se explota.

a) Continuación de los esfuerzos para mejorar los métodos de marcación y recobro de los atunes.

b) Cumplimiento del programa completo de marcación para todo el año, mediante el uso de barcos con base en puertos de los Estados Unidos y del Perú.

c) Estudio preliminar de las proporciones del crecimiento con el objeto de verificar los resultados de la interpretación de las frecuencias de tamaños.

4) Oceanografía y ecología del atún.

a) Continuación del análisis de los datos oceanográficos y meteorológicos existentes para describir las características generales de las corrientes mayores y de las masas de agua, y para correlacionar las variaciones

estacionales y anuales de las características meteorológicas y oceanográficas.

b) Continuación del análisis de los datos sobre oceanografía física, química y biológica recogidos en las expediciones "Eastropic" y "Scope."

c) Preparación de gráficos de la topografía termoclinal, para diferentes estaciones con base en todos los batitermogramas existentes tomados en el Pacífico Oriental. Correlación de las variaciones de la topografía termoclinal con los sistemas corrientes y con las variaciones de las propiedades biológicas.

d) Estudio sobre el uso de organismos indicadores, en el zooplancton, para caracterizar las provincias biológicas relacionadas con las corrientes marinas y las masas de agua.

e) Terminación de un crucero especial para estudiar los efectos de la Isla Clarion sobre las propiedades físicas y biológicas, de las aguas adyacentes; iniciación del análisis de los datos resultantes de dicho estudio.

f) Compilación continua de los datos de las temperaturas de superficie tomados de los termógrafos a bordo de barcos atuneros comerciales seleccionados.

g) Instalación, en cooperación con la Institución Scripps de Oceanografía, de equipos registradores de las mareas y de las temperaturas en islas distantes. Desarrollo, en cooperación también, de instrumentos fijos ó de libre flotación para obtener series temporales de datos oceanográficos en localidades apartadas que ofrecen dificultad para ese propósito.

5) Investigación de la estructura de las poblaciones, historia natural, hábitos y ecología de los peces-carnada.

a) Estudios ininterrumpidos en el Golfo de Nicoya para evaluar el experimento de trasplante, y para investigar la historia natural y la ecología de las anchovetas y de otros peces clupeoides.

b) Estudios permanentes en el Golfo de Panamá y áreas adyacentes sobre la historia natural, la biología y la ecología de las poblaciones de anchoveta de aquella región.

c) Recolección de materiales en viajes a otras áreas, para complementar las colecciones hechas por la flota atunera.

d) Continuación, en los laboratorios principal y regionales, de las investigaciones sobre los estados larval y juvenil de las anchovetas y de las especies relacionadas con ellas; sobre las características raciales de las poblaciones de esa especie; y la edad, crecimiento, longevidad y reproducción de las anchovetas de las más importantes áreas en que se pescan.

Progreso de las investigaciones

Durante el año de nuestro informe, el personal científico ha efectuado investigaciones en cada una de las líneas del programa que dejamos anotado en el capítulo anterior. En casi todas esas investigaciones se ha logrado un buen adelanto. Además, se han dedicado esfuerzos a la recolección de materiales y datos durante los viajes tanto en barcos-laboratorios como pesqueros comerciales. Una parte considerable del tiempo de nuestros científicos se ha empleado en la terminación de los análisis y en preparar, para la publicación de los resultados, diversos estudios que comprenden otras tantas fases de dicho programa. Al dar término a algunos de los proyectos de investigación, se ha puesto mayor énfasis en otros, particularmente en aquellos que dan prioridad al problema de elucidar la estructura de las poblaciones y los movimientos migratorios de las especies de atún.

Una tarea importante, que no debe ser interrumpida, es la determinación de las condiciones de los diversos stocks de peces con respecto al nivel correspondiente al promedio de la producción máxima sostenible. Esta tarea se realiza mediante el cálculo de la abundancia de la población, según los datos que proporcionan los pescadores, y mediante la medida de la intensidad de la pesca y de los números que arroja la producción total, de acuerdo con los registros de la pesquería y siguiendo los métodos estandarizados descritos en informes anteriores. Al comparar estos datos con las series de años pasados, logramos estimar las condiciones corrientes de la pesquería con respecto a cada una de las especies que conciernen al estudio de la Comisión y a la atención de los Gobiernos miembros. Al mismo tiempo, nuestro personal sigue atentamente el poder potencial de las flotas atuneras, y estudia los rumbos probables a presentarse en un futuro cercano, para tener una base que le permita estimar el esfuerzo de pesca al que las poblaciones están expuestas.

Los análisis de los datos históricos referentes al atún llamado barrilete, de los cuales se ha dado cuenta en los Informes Anuales y en uno de nuestros *Boletines*, han comprobado que, en su totalidad, los stocks de esta especie en el Pacífico Oriental son subexplotados a los niveles del esfuerzo de pesca alcanzados hasta ahora. Esta especie presenta muy amplias variaciones en la abundancia de un año a otro, medida según la producción por unidad de esfuerzo, pero estas variaciones no están relacionadas con las variaciones en el esfuerzo de pesca. Así, a los niveles del esfuerzo de pesca hasta ahora observados, no se ha podido apreciar ningún efecto de esa actividad humana sobre esta especie, en comparación con los antecedentes que ofrecen las variaciones debidas a otros factores independientes de la pesquería. Durante 1957, la abundancia aparente del barrilete mermó un poco en relación con el año anterior, alcanzando un nivel cercano, ó tal vez más bajo que el promedio registrado durante largo tiempo. Esto, sumado a algún descenso en el esfuerzo de pesca, trajo como consecuencia una reducción de la producción total.

Los resultados del análisis de las series históricas de datos similares sobre las operaciones y efectos logrados por las flotas pesqueras, con respecto al atún aleta amarilla, han indicado que los stocks de esta especie en el Pacífico Oriental, contrariamente a lo que ocurre con el barrilete, están siendo explotados a niveles del esfuerzo de pesca suficientes como para afectar mesuradamente su abundancia. Se ha comprobado que los mayores cambios en la abundancia están relacionados con los cambios

en las cifras indicadoras del esfuerzo de pesca. Las relaciones cuantitivas entre el esfuerzo de pesca, el promedio de la abundancia y el promedio de la pesca total, en el conjunto de los stocks que se encuentran en el Pacífico del Este, han sido estimadas con el auxilio de modelos matemáticos. Estos cálculos indican que la cosecha ó producción promedio máxima sostenible, que es de alrededor de 195 millones de libras por año, corresponde a una intensidad de cerca de 35,000 unidades standard de esfuerzo de pesca. Durante 1957, el promedio de la abundancia aparente de aleta amarilla se mantuvo casi al mismo nivel del año anterior, mientras que el esfuerzo de pesca se redujo, resultando una pesca menor, en total, que en 1956.

Las medidas de la abundancia aparente de las especies de atún fueron indudablemente afectadas durante 1957, por los cambios en la disponibilidad para su captura relacionados con los cambios oceanográficos. La cartografía de la distribución geográfica y estacional de las pescas no se ha completado todavía para este año, pero se sabe que será muy diferente de la distribución que corresponde a un año "normal," en particular hacia los extremos norte y sur de la región de la pesquería. Esto se debe a la aparición de condiciones muy acentuadas de "El Niño" frente a la parte septentrional de Sudamérica, y a las temperaturas del agua, anormalmente altas, frente a Baja California, en el extremo norte de la pesquería.

Además de una continua compilación y análisis de las estadísticas de pesca y de los datos relacionados con ellas, de conformidad con los métodos rutinarios empleados al presente, el personal está efectuando varias investigaciones para la obtención de índices nuevos de abundancia más adelantados, elíminando algunos de los efectos de la disponibilidad variable que presentan los peces a los pescadores. Se estaá realizando también una investigación para lograr el conocimiento de los efectos de las variaciones en esa disponibilidad sobre las variaciones en la pesca.

El personal científico obtiene, así mismo, de los registros de los barcos pesqueros, estimaciones de las cosechas de cada una de las clases de peces usadas como cebo para el atún, en cada una de las áreas de pesca visitadas por la flota de clípers. La cantidad global de carnada empleada por la flota se redujo ligeramente durante el año de nuestro informe, con respecto al anterior, correspondiendo a una ligera reducción en el total del esfuerzo de pesca. Sin embargo, aumentó el uso de la anchoveta, que es la especie principal de carnada, siendo el aumento atribuíble, en gran parte, a la desusada abundancia con que dicha especie se presentó en las Bahías de Magdalena y de Almejas, en Baja California. En consecuencia, los capitanes de barcos aparentemente emplearon más cantidad de esta especie con preferencia a las sardinas de California, cuya pesca decayó con respecto al año precedente.

La determinación de los efectos de la pesca sobre los stocks de cada una de las especies de atún en el Pacífico Oriental se ha basado, hasta ahora, en la consideración de que los miembros de cada especie pertenecen a una sola unidad de población. Aparentemente esta suposición no es del todo correcta. Diversas investigaciones han indicado que cada especie está probablemente compuesta de varias subpoblaciones que no se mezclan libremente entre ellas. Por lo tanto, es deseable investigar la dinámica de cada subpoblación. Sin embargo, para hacer esto posible, es necessario identificar las subpoblaciones y determinar su distribución geográfica. Y es así como gran parte del esfuerzo de investigación de nuestro personal se dedica a elucidar la

estructura de las poblaciones y los movimientos migratorios de las especies de atún. mediante diversas líneas de estudio.

La comparación morfométrica de las muestras de diferentes áreas de pesca ha indicado que existe hetereogeneidad entre las poblaciones de atún de tamaños comerciales. La magnitud de las diferencias morfométricas es, sin embargo , tan pequeña, que no tiene mucho valor para la identificación de las unidades de población. Estos estudios, en consecuencia, están siendo terminados después de la publicación de los datos recolectados hasta ahora.

La forma más directa de estudiar los movimientos migratorios de los atunes adultos y de investigar al mismo tiempo el grado en que se mezclan los ejemplares de diferentes áreas, es el de la liberación y subsiguiente recobro de peces marcados. Sin embargo, éste método presenta bastante dificultades técnicas. Durante el año 1956 se dedicaron esfuerzos en gran escala para buscar el mejoramiento de los sistemas de marcación. En 1957 fueron continuados estos esfuerzos, junto con las operaciones para mejorar el recobro de señales ó marcas de los ejemplares que son recapturados subsecuentemente. En este año, también, el programa de colocación de marcas ha sido ampliado mediante el uso, no solamente de barcos con base en los puertos de California, sino también de los que operan desde la parte septentrional del Perú, a fín de cubrir con mayor amplitud temporal y geográfica las operaciones de liberación y recobro. Durante los viajes completados a fines de diciembre de 1957 se han marcado, en clípers de California y en barcos que tienen su base en el Perú (en el término de dos años) 6,153 atunes aleta amarilla y 14,726 barriletes. Se han recobrado 210 de los primeros y 277 de los últimos. Consecuentemente, comienza a surgir algún conocimiento de los movimientos migratorios. Uno de los resultados evidentes, hasta ahora, es el de que ámbas especies de atún son muchísimo menos migratorias de lo que podía haberse esperado. Muchos de los peces, aún después de transcurrir bastantes meses de haber sido marcados y devueltos al agua, se recuperan dentro de una distancia menor de cien millas desde el punto en que se hizo la operación de señalarlos y soltarlos. Algunos ejemplares han recorrido varios cientos de millas entre el lugar de la marcación y el del recobro, pero las mayores distancias hasta ahora registradas son apenas una fracción del sector que habitan estas especies a lo largo de las costas de América. Dentro de ciertas regiones pareciera que los movimientos migratorios tienen bastante amplitud, los que en algunos casos se presentan como pautas estacionales, mientras que existe evidencia de muy escasa ó de ninguna mezcla entre algunas otras áreas. Por supuesto, los resultados de la investigación todavía no son adecuados, ni siquiera para sacar conclusiones tentativas, pero los que se conocen hasta el día parecen ser muy alentadores.

Otro medio, completamente diferente pero correlativo, para abordar el problema de la estructura de las poblaciones y de los movimientos migratorios, es el estudio de los tamaños modales que presentan los atunes de la pesca comercial muestreados entre la producción de las áreas geográficas adyacentes. Este trabajo está comenzando a dar sus frutos. Particularmente ha sido posible seguir, durante todo el año, los grupos modales de atún aleta amarilla en su intercambio entre áreas frente a Baja California y a la costa de México, al Norte del Golfo de Tehuantepec. Estos mismos datos sobre "mediciones en los mercados" nos han permitido estimar las proporciones

del crecimiento a través de las proporciones de la progresión de los grupos modales en el tiempo. Esto puede hacer posible lo determinación en cuanto a la existencia de diferencias en la proporción del crecimiento en las diferentes áreas de muestreo. Sin embargo, este estudio es complicado por la evidencia de que las proporciones del crecimiento son diferentes en las diversas clases anuales de una misma área.

· Otros aspectos de la historia natural, ecología y hábitos de los atunes son también de importancia para elucidar la estructura de sus poblaciones; y una base para el conocimiento de las reacciones que experimentan las poblaciones de peces ante los cambios en el esfuerzo de pesca y en los factores independientes de la pesquería; y para la determinación de las variaciones en la disponibilidad de captura que ofrecen a los pescadores; así como también proporcionan parte del conocimiento fundamental para aconsejar disposiciones efectivas de conservación cuando sean necesarias. Se continúa, pues, con varias clases de investigación de esta naturaleza.

Mediante la combinación de los datos sobre la composición de tamaños de las pescas, obtenida gracias al programa de "mediciones en los mercados," con los datos sobre la abundancia que arrojan los registros de las bitácoras y con las cifras sobre la relación entre tamaño y peso de cada especie, es posible llegar a estimaciones de la abundancia relativa de las clases-tamaños por estratos de tiempo y de lugar. En esta forma nuestro personal científico espera llegar a la estimación de las variaciones en la abundancia de las clases anuales y en la disponibilidad que ofrecen esas mismas clases, y llegar también, quizás, a algunas conclusiones acerca de los porcentajes de mortalidad. Las series de datos sobre "mediciones en los mercados" hasta ahora comienzan a ser adecuadas para las computaciones que estas investigaciones requieren, por lo que todavía no se puede informar sobre ningún resultado al respecto.

El desove del atún se investiga de dos maneras: mediante el exámen de los ovarios de los ejemplares hembras muestreados en los desembarques comerciales, y la identificación de las larvas y de los ejemplares juveniles capturados por nuestros científicos en sus viajes. Por el exámen de las gónades del atún, ha sido posible inferir que ciertas regiones se convierten en centros de desove a determinadas épocas del año, y que en otras áreas se registra muy poco desove ó no llega a ocurrir del todo. Sobre ésto parecen existir notables diferencias entre las dos especies de atún. En tanto que el aleta amarilla, con gónades de madurez muy avanzada que hacen esperar un desove inminente, ha sido capturado en algunas áreas adyacentes a la tierra continental, así como en localidades muy alejadas de la costa, el barrilete, en condiciones similares, ha sido encontrado solamente en las áreas lejanes.

La determinación de las áreas de desove por medio de la identificación de las formas larvales y juveniles recogidas en arrastres planctónicos en barcos laboratorios y con redes de mano y luz artificial, por la noche, en embarcaciones pesqueras comerciales, facilita la identificación de los estados juveniles del atún aleta amarilla y del barrilete. Este problema se complica con la presencia, en el área de nuestro estudio, no solamente de las dos especies mencionadas, sino también de otras diversas clases de atún y de peces escombroides que tienen relación con ellas. En consecuencia, es necesario estudiar los estados de desarrollo de todas estas especies. Este trabajo se facilita con el estudio del material recogido no sólo en nuestra área, sino también en

otras de los océanos Pacífico y Atlántico. Las recolecciones hasta ahora identificadas en nuestra área se hicieron durante las expediciones oceanográficas en barcos-laboratorios y en viajes a bordo de embarcaciones pesqueras comerciales que tenían por objecto investigaciones de mayor importancia. Consecuentemente, aún cuando cubren una amplia zona geográfica, las recolecciones corresponden pocas veces, en una área dada, a la estación en que se espera el mayor desove. Sin embargo, ha sido posible demostrar la presencia de atún aleta amarilla en estados larval y juvenil, en una extensa área geográfica desde las vecindades de Baja California hasta las aguas colombianas; algunos ejemplares han sido identificados también en aguas muy lejanas de la costa, en las cercanías del gardo 120°Oesta de longitud. Hasta ahore han sido descubiertos menos barriletes juveniles. Solamente dos ejemplares (procedentes de aguas frente a la América Central) han sido encontrados en las recolecciones dentro de unos pocos cientos de millas de la costa. Algunos han sido capturados en aguas muy lejanas de tierra.

Con la orientación que dieron los resultados de los exámenes de gónadas, se comenzaron en 1957 viajes especiales de investigación con el objecto de efectuar arrastres planctónicos en las áreas consideradas como localidades para el desove en la estación más apropiada. Tales viajes se realizaron en junio hacia las vecindades de las Islas Revilla Gigedo, pero el material recogido todavia no ha sido clasificado ni identificado. Una serie similar de arrastres para recoger plancton será efectuada en junio, en el área comprendida entre el Golfo de Tehuantepec y las Islas Tres Marías, frente a México, área en que se cree desova el atún aleta amarilla en esa época; ésto es parte de una expedición con varios propósitos (Expedición SCOT) que han tomado bajo su responsabilidad los científicos de nuestro personal y los de la Institución Scripps de Oceanografía, en forma cooperativa.

Se continúa con los estudios sobre los hábitos alimentarios del atún mediante el exámen del contenido estomacal de ejemplares capturados en el curso de viajes dedicados a la marcación de peces. Estos estudios se complementan con el exámen de los estómagos de ejemplares desembarcados con propósitos comerciales en San Diego.

Se han continuado también los estudios sobre los hábitos gregarios del atún. Se han acumulado datos suficientes en los viajes dedicados a la marcación, a fín de obtener estimaciones, en cuanto a los clípers atuneros, de la proporción de la pesca de cada especie que se logra en los cardúmenes formados por una sola especie y en los compuestos por especies mezcladas, para la comparación con datos similares previamente derivados de los registros de las bitácoras que llevan los barcos rederos. El grueso de la pesca lo hacen ambos sistemas (barcos carnaderos y rederos) en cardúmenes puros, pero el porcentaje de la captura en éstos es menor para los clípers que para los barcos del otro tipo. Las variaciones geográficas en el porcentaje de la pesca hecha en cardúmenes puros parece ser similar para los dos tipos de pesqueros.

Se ha continuado la recolección de muestras al azar para medir la longitud de los peces procedentes de cardúmenes individuales encontrados en el curso de los viajes dedicados a la marcación de ejemplares. Estos datos serán usados cuando se tengan en cantidad suficiente para investigar la tendencia de cada una de las especies del atún, a agruparse por tamaños.

Las investigaciones sobre oceanografía física, química y biológica, que son una parte esencial del estudio de la ecología de los atunes tropicales, se han proseguido con intensidad durante el año de nuestro informe. Estas han comprendido estudios de la circulación general y distribución de las propiedades en el Océano Pacífico Oriental Tropical, y de las características particulares y procesos que se han considerado de especial importancia con respecto a la ecología del atún.

Se dió terminación, durante ese año, a los gráficos que indican el promedio estacional de la topografía termoclinal del Pacífico Oriental Tropical, por trimestres, sobre la base de muchos miles de registros batitermográficos. La topografía termoclinal ha demostrado tener relación con la productividad de diferentes áreas, según se refleja en los cultivos estables de zooplancton; y de ésto hemos sacado la conclusión de que las áreas de baja termoclinal son áreas de alta productividad. Estas ofrecen, por supuesto, buenas condiciones para la pesca del atún. La hipótesis en cuanto al mecanismo en virtud del cual la productividad de las aguas de superficie se mantiene en regiones de termoclina no profunda, ha sido llevada adelante con base en los datos obtenidos en las expediciones *Eastropic* y *Scope* en la región de la cúpula termal de Costa Rica.

También se ha demostrado que la circulación general horizontal de la superficie, que se infiere de la topografía termoclinal, corresponde a las corrientes medias observadas desde los barcos y tabuladas por la Oficina Hidrográfica de los Estados Unidos. Se ha comenzado la preparación de una serie de gráficos oceanográficos mensuales que indiquen las corrientes de superficie, para ser usadas en estudios futuros.

También se han iniciado investigaciones sobre las corrientes subsuperficiales de nuestra región, con base en los análisis isentrópicos de los datos recogidos en expediciones anteriores. También van en camino los estudios sobre la distribución de los constituyentes químicos que se relacionan con el ciclo biológico, los cuales serán valiosos en el conocimiento de las variaciones geográficas en los procesos biológicos de nuestra región.

Los datos de la Expedición *Scope* a que hemos hecho referencia el año pasado, han sido analizados y promulgados como informes de utilidad para otros investigadores. Los estudios de los elementos biológicos en relación con otros factores oceanográficos están a cargo de miembros de nuestro personal y de científicos de la Institución Scripps de Oceanografía. Ha sido planeada una expedición para obtener datos comparables en las áreas marinas entre California y Panamá, en la estación opuesta del año (la *Scope* se realizó en el otoño), la que se espera efectuar en mayo ó junio de 1958 como trabajo en cooperación entre la Comisión del Atún y la Institución Scripps.

Se ha continuado el estudio de las comunidades de zooplancton en el Pacífico del Este, con especial referencia a los indicadores biológicos de las provincias bióticas, las que pueden tener relación con las corrientes marinas y las masas de agua. Estos estudios se basan en las muestras recolectadas durante las expediciones *Eastropic* y *Scope*.

Durante el verano se hizo un estudio detallado de la distribución de las propiedades físicas, químicas y biológicas, incluyendo la producción primaria y los cultivos estables de fitoplancton y zooplancton, dentro del ambiente de la Isla Clarion, del grupo de las Revilla Gigedo. Se hizo este estudio porque se ha observado que el atún tiende a concentrarse cerca de las islas distantes de la tierra continental, y se lanzó la hipótesis de que esto se debe a que la isla afecta la circulación al causar una mayor provisión de elementos nutritivos en las aguas superficiales, elementos que mantienen así cultivos aumentados de organismos pelágicos cerca del fondo de la cadena alimenticia. Los datos recogídos en las investigaciones de la Isla Clarion no son favorables a dicha hipótesis en cuanto a la expresada localidad. No se registraron efectos de consideración causados por la isla en la distribución de las muchas propiedades ya determinadas. Podemos considerar que el alimento es el mayor atractivo para el atún en esta localidad, si la contribución de las formas bentónicas mantenidas por plantas sesiles constituye una parte significativa de la dieta de estas especies. Esto es objeto de una investigación en los presentes momentos. También es posible que el atún se congregue aquí por alguna otra razón desconocida.

Durante esta misma expedición, se hizo un estudio breve de las aguas adyacentes y que cubren una montaña marina recientemente descubierta, aguas que se levantan dentro de un márgen de quince brazas de la superficie y que se localizan alrededor de 180 millas al suroeste de la Isla Clarion. Un exámen preliminar de los datos sobre la oceanografía química y biológica de esta zona revela que la montaña marina ha dejado sentir un ligero efecto sobre algunas propiedades. El área de esta montaña marina ha producido más de 600 toneladas de atún a los pocos barcos que han pescado allí durante 1957.

La compilación y análisis de las series de tiempo de los datos oceanográficos recogídos en el Pacífico Oriental Tropical, son de fundamental necesidad para el conocimiento de las variaciones a corto y a largo plazo en las pesquerías de atún. Las series de datos existentes, tomadas de las estaciones costeras, y las resultantes de las observaciones hechas en barcos mercantes que atraviesan el área, son inadecuadas. Por eso nuestro personal se encuentra empeñado en acumular mayor y mejor información. Estamos formando gráficos de las temperaturas de superficie registradas en las bitácoras de los barcos atuneros, y hemos equipado a varios de esos barcos con termógrafos de registro continuo. La recolección de datos de las temperaturas subsuperficiales por medio de batitermógrafos suplidos a las embarcaciones atuneras no ha sido satisfactoria, pero nuestros científicos están realizando algunas observaciones de ese mismo tipo con equipos instalados en los barcos en que efectúan viajes para la marcación de atún. También hemos comenzado la instalación de instrumentos de registro automático en islas escogídas como convenientes para el objeto, situadas en aguas alejadas de la tierra continental, y en localidades costeras. Esto se ha hecho en cooperación con otras entidades. Trabajamos así mismo, en el desarrollo de instrumentos aplicables a boyas ancladas en los sitios más estratégicos.

En junio de 1957, los científicos del Departamento de Meteorología de la Universidad de California, en Los Angeles, comenzaron a trabajar, bajo contrato con la Comisión, en los estudios sobre la relación de los factores meteorológicos y oceanográ-

ficos en el Pacífico Oriental Tropical, debiendo dar énfasis inicial a los fenómenos relacionados con las condiciones de "El Niño" frente a la América del Sur. Sobre la base de investigaciones contenidas en literatura y del examen de los datos meteorológicos correspondientes a algunos años en que se presentó el fenomeno de "El Niño," y a otros en que no se presentó, se ha venido desenvolviendo una hipótesis tentativa de que estas variaciones pueden estar relacionadas con las variaciones en la localización del Alto Sud-Pacífico. Sin embargo, los datos de la región sur del océano son tan escasos, que resulta difícil verificar esta hipótesis.

La investigación en la biología y ecología de los peces carnada continúa concentrándose principalmente en la anchoveta, que es la más importante de las especies usadas como cebo para el atún. Los científicos, en nuestros Laboratorios principal y regionales completaron, durante el año, los estudios sobre la edad, el crecimiento y las épocas de desove de esta especie en el Golfo de Panamá, y lograron un gran adelanto en la terminación de estudios similares en otras áreas importantes en la producción de carnada. El estudio de los caracteres raciales, tanto numéricos como morfológicos, de las anchovetas de diferentes áreas de pesca, ha confirmado la conclusión a que habíamos llegado por estudios previos basados en una cantidad menor de material, de que cada localidad de pesca importante contiene una población independiente.

Los estudios del material recolectado en Panamá durante la época de desove 1956-57, de la anchoveta, han logrado una identificación exitosa de los huevos pelágicos de esta especie, y se ha hecho un comienzo en la identificación de los estados larvales. La periodicidad diurna del desove, y su localización y épocas en algunas partes del Golfo de Panamá durante la estación 1956-57, han sido determinados por la presencia de huevos de anchoveta en las recolecciones. Una investigación mucho más intensa se está realizando en el Golfo durante la estación 1957-58.

Se efectuaron viajes entre el Golfo de Panamá y las áreas de pesca de carnada en Colombia, hacia el sur, y en la Bahía de Montijo hacia el norte, durante la primavera de 1957, en un intento de establecer si la distribución de anchovetas juveniles es o no continua dentro de esas áreas. Los resultados no son definitivos, debido a que las investigaciones fueron retrasadas hasta muy avanzado el año por causa de dificultades en el funcionamiento de nuestra embarcación acondicionada al efecto. Confiamos que habremos logrado este empeño a principios de la primavera de 1958 mediante investigaciones aéreas.

Otros intentos en el estudio de los movimientos migratorios de la anchoveta en el Golfo de Panamá, por medio de la marcación de ejemplares, resultaron ineficaces. Los experimentos con peces marcados que se mantuvieron en viveros, nos han demonstrado que se produce una mortalidad considerable a causa de la operación misma de la marcación, y que se desprende considerable número de marcas ó señales. Se hacen esfuerzos especialmente para el desarrollo de una marca más efectiva, antes de intentar algún otro experimento de marcación en gran escala.

Se continuaron las observaciones en el Golfo de Panamá para determinar las variaciones estacionales en las diversas propiedades físicas, químicas y biológicas, para elucidar el ciclo estacional de los cambios relacionados con el afloramiento y

las variaciones que allí se operan año a año. Se completaron los análisis de ciertos aspectos de la serie de datos hidrográficos y meteorológicos recolectados desde 1908 por la Compañía del Canal de Panamá, y se preparó un trabajo sobre los resultados, para su publicación. Estos datos reflejan una tendencia secular a largo plazo, indicando que, en promedio, se ha presentado menos afloramiento en años recientes que en los primeros años de la serie. También hay una ligera evidencia de un componente cíclico. Sin embargo, debido a un elemento azaroso de gran magnitud, resulta muy bajo el valor previsible de la tendencia y del ciclo expresados.

En nuestro laboratorio para el Golfo de Nicoya (Costa Rica) se continuaron las observaciones en todo el año sobre presencia y distribución de anchoas y otras especies de peces engráulidos y clúpidos. La pequeña población de anchovetas se mantiene por reproducción en el Golfo de Nicoya, según lo evidencia la captura de numerosos ejemplares jóvenes durante los meses de invierno, pero no se ha llegado a comprobar un aumento substancial de dicha población.

Se encuentra en el Golfo de Nicoya un stock considerable de arenque (*Opisthonema*). Esta especie es apropiada como cebo para el atún, y los pescadores de Costa Rica han demostrado interés en usarla con ese propósito. Durante el año hemos intensificado las investigaciones sobre la historia natural de esta especie en dicha área.

Se continuaron durante el año las observaciones sobre los factores hidrográficos en el Golfo de Nicoya, para ello se recogieron los datos de las temperaturas y salinidad en Puntarenas en todos los meses, y se ocuparon estaciones hidrográficas regulares en diversas localidades del Golfo, varias veces durante dicho período. Los datos acumulados en años pasados se encuentran en proceso de análisis. De estos estudios se ha deducido que, al contrario de lo que ocurre en el Golfo de Panamá, los efectos del afloramiento son insignificantes ó no se manifiestan del todo, y que el ciclo estacional se determina principalmente por los cambios estacionales en la radiación solar y en la precipitación, incluyendo el crecimiento de los ríos.

Como Apéndice A, aparece agregado al presente informe uno más detallado del Director de Investigaciones sobre el trabajo efectuado durante 1957.

Publicación de los resultados de la investigación

Una parte esencial del programa de investigaciones es la preparación, para ser publicados, de los informes sobre los resultados de las investigaciones conforme se progresa en las diversas líneas de estudio. Desde luego que mientras los resultados no se publiquen, no se puede considerar completo un estudio científico, porque su valor no puede tener desarrollo hasta que los conocimientos nuevos no hayan sido ampliamente diseminados.

La Comisión publica en una serie de boletines, los resultados que los miembros de su personal científico y los hombres de ciencia que cooperan con ellos, obtienen de sus investigaciones. Durante 1957 se completaron tres informes para su publicación en esta serie, y varios otros están muy avanzados. De los informes terminados, cuya lista damos a continuación, los dos primeros han sido ya impresos y el tercero quedará impreso a principios de 1958. Las publicaciones en referencia son las siguientes:

Boletín, Volúmen II, Número 5 - "Análisis de los métodos de muestreo usados para determinar la composición de tamaños en los desembarques de atún aleta amarilla (*Neothunnus macropterus*) y barrilete (*Katsuwonus pelamis*)" por Richard C. Hennemuth (Inglés y Español).

Boletín, Volúmen II, Número 6 - "Un estudio de la dinámica de la pesquería del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental Tropical" por Milner B. Schaefer (Inglés y Español).

Boletín, Volúmen II, Número 7 - "Distribución geográfica de las pescas anuales de atún aleta amarilla y barrilete del Océano Pacífico Oriental Tropical según los datos de los registros de bitácora, 1952-1955" por Bell M. Shimada (Inglés y Español).

Además de estos Boletines, fueron publicados durante el año en otros órganos, dos trabajos preparados por miembros de nuestro personal científico (véase el Informe del Director de Investigaciones, página 133)

Comités de la Academia Nacional de Ciencias - Consejo Nacional de Investigación

Durante el año de nuestro informe, el Dr. Schaefer continuó prestando sus servicios en un Comité de la Academia Nacional de Ciencias - Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos bajo la Presidencia del Doctor Roger Revelle, de la Institución Scripps de Oceanografía, para estudiar los Efectos Biológicos de la Radiación Atómica en la Oceanografía y en las Pesquerías. Se ha terminado un detallado informe sobre este tema, que se encuentra ya en la imprenta.

Hacia el final del año, el Dr. Schaefer fué también invitado a cooperar en un Comité de Oceanografía, bajo la Presidencia del Dr. Harrison Brown, del Instituto de Tecnología de California, para afrontar grandes problemas sobre oceanografía en los Estados Unidos. Este Comité efectuó su primera reunión el 23 de noviembre de 1957.

Cambio de Miembros

El 10 de Mayo de 1957, el señor Arnie J. Suomela fué nombrado miembro de la Sección de los Estados Unidos, de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, para reemplazar al Coronel John L. Farley, quién renunció en febrero de ese mismo año

Reunión anual

La Comisión celebró su reunión ordinaria anual en San José, Costa Rica, el 12 de marzo de 1957. El programa cumplido en esa reunión fué el siguiente:

1) Se acordó la publicación de Informe Anual correspondiente a 1956.
2) Se dió a conocer el progreso de las investigaciones y se discutió y aprobó el plan de trabajo para el año fiscal 1957-1958.
3) Se discutió el plan de investigaciones para el año fiscal 1958-1959 y el presupuesto requerido. Se recomendó a los Gobiernos miembros un programa de investigación, para dicho año fiscal, con un presupuesto de $352,725.
4) Se aprobó un plan de retiro para los empleados, elaborado por varias Comisiones Internacionales de Pesquería de las cuales son miembros los Estados Unidos, y se autorizó la inclusión, en el presupuesto recomendado para los gastos conjuntos de la Comisión durante el año fiscal 1958-1959,

de la suma de $10,000 para ese propósito, debiendo ser ésta una cantidad adicional a la de $352,725, aprobada previamente para los gastos conjuntos del programa de investigación.*

5) Se acordó, sobre la base de utilización del atún aleta amarilla y barrilete que hacen los países miembros según las estadísticas corrientes, que los gastos conjuntos de la Comisión durante el año fiscal 1958-1959 sean cubiertos conforme a la siguiente proporción: los Estados Unidos de América el 99.7%, Costa Rica 0.3%, Panamá, la contribución mínima de $500.

6) Después de discutirse nuevamente una proposición que se había comenzado en la reunión anual anterior, sobre el establecimiento de un sistema de becas para estudiantes de oceanografía y biología marina, se resolvió dejar temporalmente en suspenso el indicado tema.

7) Se eligieron Presidente y Secretario para el próximo período anual, los señores Licenciado José L. Cardona-Cooper, de Costa Rica, y Gordon W. Sloan, de los Estados Unidos de América, respectivamente.

8) Se acordó efectuar la próxima reunión anual en la Ciudad de Panamá, a partir del segundo martes de febrero de 1958.

El nivel actual de la base económica de la Comisión, logrado a mediados de 1956, ha hecho posible un programa de investigaciones completo como para que la Comisión se considere en condiciones de cumplir con todas las obligaciones impuestas por la Convención dentro del tiempo estipulado en un plan razonable de trabajo. Sin embargo, para la continuación de tan extenso programa, la suma presupuestada resulta modesta, y solo podría lograrse este empeño si se sigue contando, como hasta ahora, con la cooperación de otras entidades por cuya ayuda nos complacemos en rendir nuestro agradecimiento.

La intensidad de la pesca en los stocks de atún y de peces-carnada durante 1957, fué ligeramente más baja que en el año anterior, debido a pérdidas de embarcaciones en la flota pesquera y a una continuada restricción de las operaciones de los barcos ocasionada por circunstancias económicas. Se mantiene a nivel lo suficientemente bajo como para que ninguna de las especies objeto de nuestro estudio pueda considerarse ante el peligro de una pesca intensiva. El atún aleta amarilla se explota a una intensidad no muy por debajo de la que se estima corresponder a un promedio de pesca máxima sostenible, pero si se toma en cuenta la capacidad que al presente tienen las flotas pesqueras, es muy improbable que pueda alcanzarse un nivel peligroso en el esfuerzo de pesca, aún cuando todos los barcos operasen a plenitud. En consecuencia, no vemos la necesidad de recomendar, por el momento, medida alguna de conservación.

Comisión Interamericana del Atún Tropical

José L. Cardona-Cooper, Presidente
Virgilio Aguiluz
Víctor Nigro
Miguel A. Corro
Walter Myers, Jr.
Domingo A. Díaz
Lee F. Payne
Eugene D. Bennett
Arnie J. Suomela
Gordon W. Sloan, Secretario

* El establecimiento de este plan queda sujeta a la aprobación del 75% de los miembros del personal permanente.

APPENDIX A

REPORT ON THE INVESTIGATIONS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1957

By

Milner B. Schaefer, Director of Investigations

The scientific investigations, conducted pursuant to the purposes of the Convention, are carried out by an international scientific staff employed by the Commission. This staff operates from a headquarters laboratory at the Scripps Institution of Oceanography at La Jolla, California; and from other laboratories in San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; Panama City, Panama; and also from a temporary field station in Mancora, Peru. Research is pursued along several lines, each a part of a comprehensive program of investigations into the biology, ecology, and population dynamics of the fish populations covered by the Convention, in order to determine the effects both of fishing and of natural, fishery-independent factors on these populations and on the catches that they can sustain. During 1957 it has been possible to carry forward on an adequate basis all of the various sorts of research required to provide the Commission with the factual basis for carrying out its duties under the Convention.

We have continued on an established, routine basis the collection, compilation and analysis of catch statistics, logbook information, and related data respecting the operations and results of the fishing fleets, which provide the fundamental basis for measuring the changes in the tuna and bait resources, and the effects thereon of the fishery. Research continues on improvement of methods of analysis and interpretation of such data. An increased share of the research effort has been devoted to the high priority problem of elucidating the population structure and migration patterns of both tuna species. We have continued studies of those aspects of the life history and behavior of the tunas most important to understanding their population dynamics, and required as a basis for efficient conservation regulations. In close cooperation with scientists of the Scripps Institution of Oceanography, our staff members have continued investigations of the physical, chemical and biological oceanography of the Eastern Pacific, with particular attention to those features and processes related to temporal and geographical variations in the abundance and distribution of the tuna populations.

Research on bait species continues to be concentrated primarily on the tropical anchoveta, although increased attention is being given to the herring (*Opisthonema*) in the Gulf of Nicoya. The anchoveta (*Cetengraulis*) is by far the most important of the several species used for tuna-bait, and is the bait species of greatest concern to the member governments. Research on the biology, life history, ecology, and population dynamics of the anchoveta, and the effects of the fishery on the stocks thereof, is carried forward both at the headquarters laboratory and at the laboratories in Costa Rica and Panama.

Special acknowledgement is again due to the Scripps Institution of Oceanography of the University of California. This Institution contributes very greatly to the success

of the research of the Commission through the provision of office and laboratory space, the use of its shoreside and seagoing facilities, and by the active cooperation and sage advice of its Director and Faculty.

Investigations during 1957 have included the following activities:

1. Compliation of current statistics of total catch, amount and success of fishing and abundance of the fish populations

Measurements of the apparent abundance of the populations of fishes supporting the fishery, the amount of fishing effort applied to them, and the magnitude of the catches, are obtained on a continuing, current basis from the detailed records of the fishery. These data are of fundamental importance to the Commission's research: they provide the basic information for assessing the effects of fishing on the resources, and for keeping the Commission and the member governments informed of their current condition with respect to the condition of maximum sustainable average yield; they also provide data on the changes in apparent abundance by geographical and temporal strata which are basic to much of our research on the fishes' ecology. The staff maintains a system of collection, tabulation, and analysis of records of total catch of each tuna species from all parts of the Eastern Tropical Pacific, and of information from a very large sample of the fishing fleets with respect to areas of fishing, dates of fishing, effort employed, and amounts of the resulting catches of each species of tunas and of bait fishes.

Statistics of total catch of tunas

Methods of compilation of total catch of each tuna species from the entire Eastern Pacific have been described in previous reports. The resulting data are essentially complete, except for negligible quantities consumed locally in countries other than the United States, for which data are not available. In Table 1 are shown the total landings from the Eastern Pacific Ocean, by species. Receipts in the United States (including Puerto Rico), which are shown separately, are a good index to total production, since in recent years over 95% of the total catch has been landed there, or transshipped to there for canning.

It may be seen from this table that there has been a moderate decrease in the total catch of both tuna species during 1957. The decline in the yellowfin tuna harvest is due to a decrease in fishing effort, the apparent abundance, according to our preliminary data, being very near to that of 1956. In both years, the apparent abundance has been slightly below the long-term average for the corresponding level of fishing intensity.

Landings of skipjack decreased in 1957 to an even greater degree than yellowfin, despite much of the effort of the long-range component of the clipper fleet being directed to areas off South America, where this species dominates in the catch. As will be shown below, the average apparent abundance of skipjack during 1957 was below that of the previous years. The purse-seiners in 1957, as in the previous year, concentrated their efforts in the more northerly parts of the fishing region, where they normally capture a higher percentage of yellowfin tuna. It appears, then, that the decline in skipjack catch is related to a combination of decreased fishing effort and decreased abundance as encountered by the fishermen.

TABLE 1. CATCH OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA FROM THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1940-1957, *in millions of pounds.*

	Landed in or transshipped frozen to United States*				Total catch, Eastern Pacific				
Year	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	% Yellowfin
1940	113.9	56.6	—	170.5	114.6	57.6	—	172.2	67
1941	76.7	25.6	—	102.3	76.8	25.8	—	102.6	75
1942	41.5	38.7	—	80.2	42.0	39.0	—	81.0	52
1943	49.3	23.9	—	78.2	50.1	29.4	—	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	—	120.6	89.2	34.0	—	123.2	72
1946	128.4	41.5	—	169.9	129.7	42.5	—	172.2	75
1947	154.8	52.9	—	207.8	160.1	53.5	—	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	—	331.5	224.8	129.3	—	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	63
1953	138.3	133.6	—	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	—	262.5	140.9	128.0	—	268.9	52
1956	169.0	148.5	—	317.5	177.0	150.3	—	327.3	54
1957	152.5	126.9	—	279.4	(1)				55

* Including Puerto Rico

(1) Not yet complete

Although detailed tabulations of the geographical origin of catches has not yet been completed, it is known that there were some changes from the previous year. Most notable is the shift of the fishery further south along the Peruvian coast, some fishing even being done by U.S. vessels as far south as off Iquique in Chile. At the same time, catches were made, on the average, further north than usual along the Baja California coast, and catches on these "local banks" persisted through December, whereas in many years they terminated much earlier. These extensions of the fishery at the latitudinal extremes of the range are apparently due to abnormally high water temperatures in these latitudes. 1957 was a pronounced "El Niño" year off Peru, and water temperatures along the Baja California coast (and, indeed, along the whole coast of North America) have been well above normal during most of the year.

TABLE 2. PERCENTAGE, BY SPECIES, OF LANDINGS OF CALIFORNIA BASED VESSELS THAT WAS CAUGHT BY CLIPPERS.

Year	Yellowfin	Skipjack
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957*	77.4	93.2

* Preliminary

As in former years, the clippers were the dominant element of the fleet. As may be seen from Table 2, the share of yellowfin taken by the seiners declined from the previous year, although they slightly increased their share of the skipjack catch.

Measurement of changes in abundance of tunas

The apparent abundance of each species of tuna is measured by the catch-per-day's-fishing of a very large sample of the fleet of tuna clippers, which fish by the live-bait method throughout the whole range of the fishery. This measurement of the abundance, as encountered by the fishermen, may not always be proportional to the true abundance of each species, because of variations from year to year in the availability of the fish to capture. Since, however, such variations in availability average out over a series of years, the trends in apparent abundance are meaningful in terms of true abundance.

The average catch-per-day's-fishing, for each species of tuna, is computed for each of six size-classes of clippers. By applying correction factors for the relative efficiency of vessels of each size class, the data are also combined to obtain a single estimate of apparent abundance in terms of the catch-per-day's-fishing of a size (class 4) taken as a standard. Methods of compilation and computation have been described in previous reports. The estimates, for each species, for the years 1951 through 1956 are shown in Figure 1.

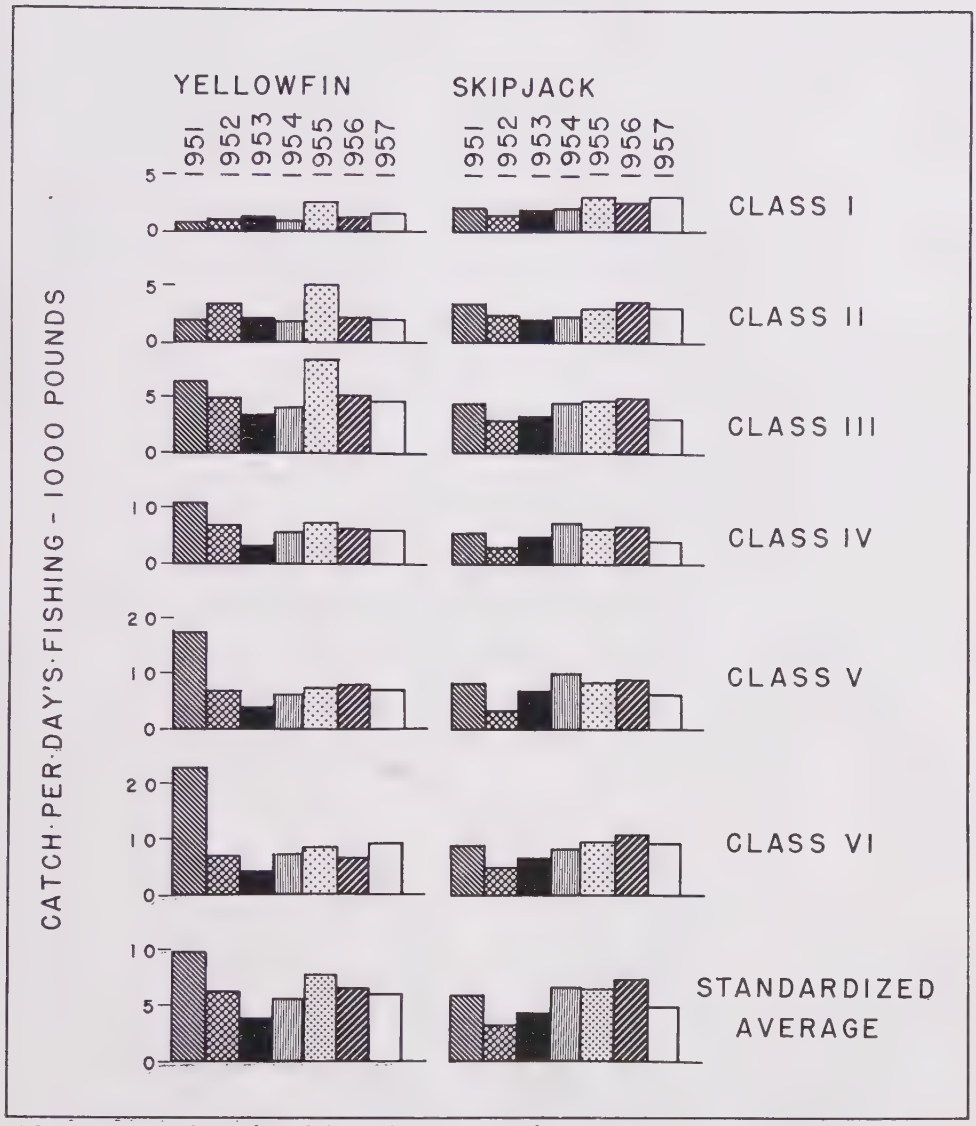

FIGURE 1. Catch-per-day's-fishing, by species and vessel size-class, for clippers, 1951-1957.

It may be seen from this figure that the apparent abundance of yellowfin tuna for size classes 2 through 4, was very slightly lower than during the previous year. For size class 1, small vessels which fish exclusively in areas off Baja California and Mexico, there is a slight increase in apparent abundance. Similarly, an increase is shown for vessels of class 6, which spent much of their effort in 1957 in the areas off South America toward the southern end of the range. The standardized average is very near to the previous year.

For skipjack, a considerable decrease in apparent abundance is shown by all vessel classes except class 1. The standardized average is well below the previous year.

TABLE 3. ESTIMATED AMOUNTS* AND PERCENTAGES OF KINDS OF BAIT FISHES TAKEN FROM 1952 TO 1957 BY CLIPPERS**.

	1952		1953		1954		1955		1956		1957	
	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent
Anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*)	2542	59.5	1618	37.2	1820	46.3	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8
California sardine (*Sardinops caerulea*)	286	16.7	413	9.5	203	5.2	541	20.9	362	9.9	290	7.8
Galapagos sardine (*Sardinops sagax*)	596	14.0	1145	26.3	590	15.0	247	9.6	152	4.2	38	1.0
Northern anchovy (*Engraulis mordax*)	577	13.5	814	18.7	604	15.4	159	6.2	594	16.2	547	14.8
Southern anchovy (*Engraulis ringens*)			36	0.8	553	14.1	214	8.3	355	9.7	410	11.1
California sardine and Northern anchovy mixed and not separately identified	53	1.2	168	3.9	65	1.7	9	0.4	38	1.0	30	0.8
Herring (*Opisthonema, Harengula*)	124	2.9	88	2.0	49	1.2	49	1.9	363	10.1	193	5.2
Salima (*Xenocys jessiae*)	51	1.2	31	0.7	23	0.6	21	0.8	27	0.7	17	0.5
Miscellaneous and unidentified	40	0.9	36	0.8	20	0.5	25	0.9	95	2.6	112	3.0
Totals	4269		4349		3927		2568		3653		3707	

* In thousands of scoops.

** Vessels based in U. S. West Coast ports for years 1952-1955, and for 1956-1957, includes vessels fishing from Puerto Rico.

1957 bait statistics

The major share of the catch of tunas is made each year by vessels which capture them by the use of live bait. Records of the amounts of each kind of bait fish taken, and the locality of capture, were obtained for nearly all trips made during 1957 by vessels based in ports of the United States, including Puerto Rico.

Amounts of bait taken on the few trips for which we do not obtain records are estimated by assuming that the ratio of the amount of each kind of bait used, to the quantity of tuna caught, on such trips is the same as that for vessels from which we do obtain complete records.

The estimated quantities of each kind of bait used in 1957 are shown in Table 3, with comparative data for the years 1952-1955. Data for earlier years were published in the 1955 Annual Report. In Figure 2 the total catch of bait, by species, is shown graphically for each year since 1946. These statistics do not include the bait used by a few vessels based in ports in Latin America, nor do they include the bait used by a few small Californian vessels which fish sporadically and seasonally, but they do represent the great bulk of the bait catch.

The total amount of bait used increased from 3,658,000 scoops in 1956 to 3,707,000 scoops in 1957, in spite of the slight decrease in fishing effort already noted. The anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) was, as in prior years, the most important bait species in 1957, comprising 55.8 per cent of the entire bait catch. This represents

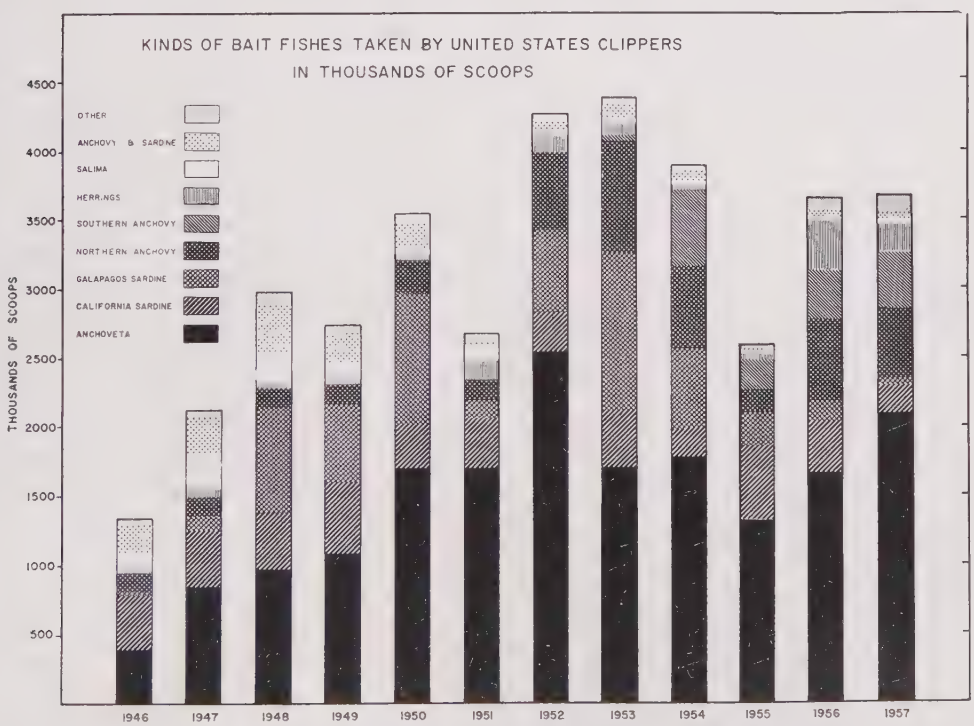

FIGURE 2. Estimated total catch of bait fishes by United States tuna vessels, by kinds, 1946-1957.

a sizable increase over the previous year. The increase is due, in large part, to a very high abundance of this species in Almejas and Magdalena Bays in Baja California. Concommitantly, the use of California sardines, which are also taken along Baja California, declined.

The catch of Galapagos sardine continued to decline in 1957, and reached the lowest level since 1946. This is due primarily to a continued decline in the amount of tuna fishing done near the Galapagos Islands, but may also be related to low abundance of this bait species this year.

2. Current status of the tuna populations

Analysis of historical series of data on fishing effort, apparent abundance, and total catch for each of the tuna species have enabled us to assess the effect of fishing on each species, and to estimate the relationship of present levels of fishing effort to the level corresponding to maximum sustainable average catch. These studies have been reported in detail in previous annual reports and in publications in our *Bulletin* series. Continuing compilation of comparative data enables us to keep track currently of the status of each species.

In Figure 3 are shown for skipjack the historical series of indices of fishing effort, abundance, and catch extended through 1956. As has been pointed out before, there is no apparent relationship between variations in abundance and variations in fishing effort. The apparent abundance fluctuates rather widely from year to year, but the

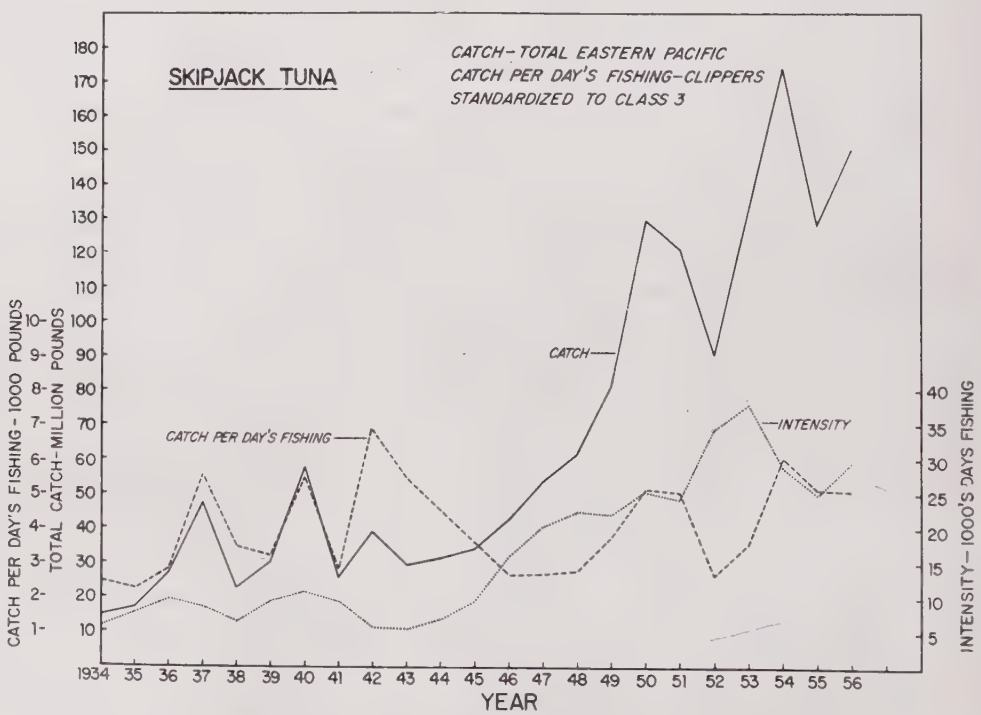
SKIPJACK TUNA
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56

FIGURE 3. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing, and calculated relative fishing intensity, for skipjack tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1956.

average abundance in recent years, at much higher levels of fishing effort and catch than in the early years of the series, is as high as during the early period. It is evident that any effects of fishing on the aggregate of the populations of this species are so small that they cannot, at levels of fishing effort so far attained, be detected against the background of variations due to fishery-independent factors. The abundance during 1956 remained somewhat above the long-term average, and, with an increase in fishing effort over 1955, the total catch reached a value exceeded only in 1954. Data are not yet complete for 1957, but it is evident that the apparent abundance will show a decline, and may perhaps be below the long-term average.

Data for yellowfin tuna are shown in Figure 4, for years through 1956. The form of presentation is different than that of skipjack, and is based on the results of studies of the fishery-dynamics of the yellowfin tuna published in *Bulletin Vol. II, No. 6.* On this figure, abundance is shown on the vertical axis, while fishing effort is shown on the horizontal axis. Total catch, which is the product of these two variables, is indicated by equilateral hyperbolae. The values of equal total catch for which the hyperbolae have been drawn are indicated at their ends at the top of the graph. The ob-

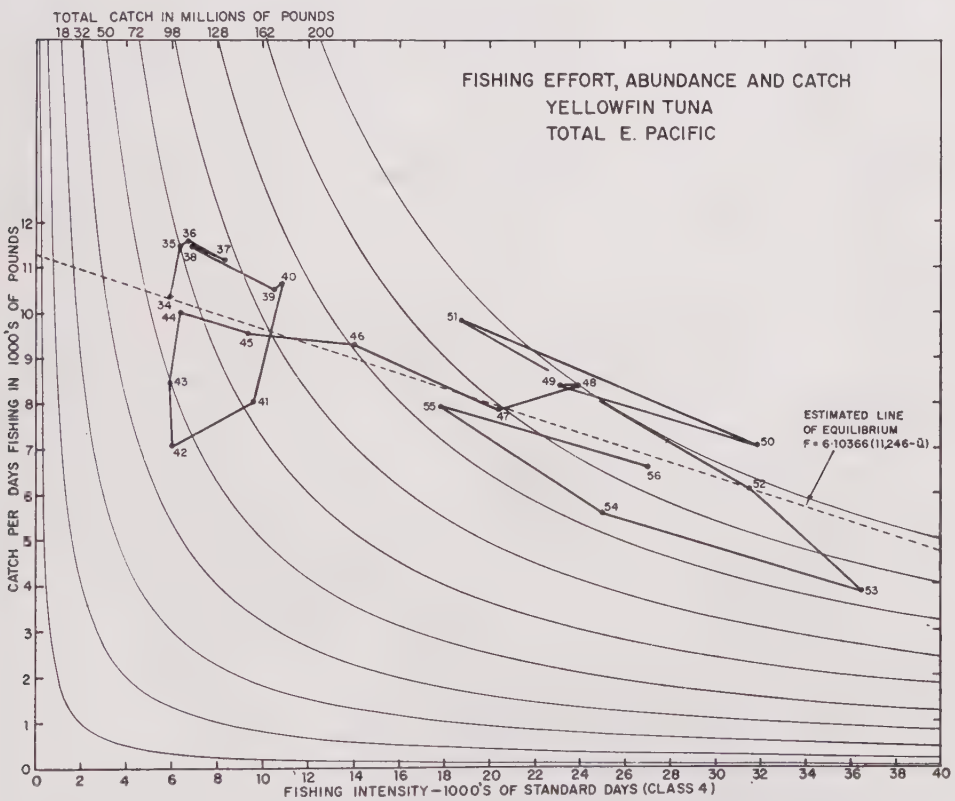
TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL E. PACIFIC
CATCH PER DAYS FISHING IN 1000'S OF POUNDS
FISHING INTENSITY—1000'S OF STANDARD DAYS (CLASS 4)
ESTIMATED LINE OF EQUILIBRIUM
F = 6.10366(11,246-Q)

FIGURE 4. Relationships among fishing intensity, abundance and total catch for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean. Points connected by solid line indicate actual values for each year 1934-1956. Broken line is the estimated functional relationship between fishing intensity and average abundance under equilibrium conditions.

served values for each year from 1934 through 1956 are shown by the points, connected by a solid line. The broken line, labelled "estimated line of equilibrium" represents the average relationship among fishing effort, abundance, and catch when the rate of catching is in equilibrium with the rate of increase of the fish population. It shows the long-term average abundance and catch corresponding to different values of fishing effort.

From this figure it may be seen that the intensity of fishing increased in 1956 from the previous year, and was accompanied by a decline in abundance. The decline in abundance was somewhat greater than might be expected, on the average, due to fishing alone. Data for 1957 are not yet complete, but those on hand indicate that the point for 1957 will fall to the left of the point for 1956, corresponding to little or no change in abundance, and a decreased fishing intensity, with a corresponding decrease in total catch. The fishing intensity corresponding to average maximum sustainable yield has been estimated to be about 35,000 standard days. It may be seen that the current amount of fishing effort remains well below that value.

It is to be noted that our studies of the effects of the fishery on the tuna populations have been applied to the aggregate of all members of each tuna species in the Eastern Pacific. There is, as we will show below, reason to believe that there may, in fact, be several independent or semi-independent population units of each species within this region. It is desirable, therefore, to study the effects of fishing on each such unit individually. This, however, cannot be done until these units have been identified and their geographical distributions delineated. The more refined study of the fishery-dynamics of these species depends, therefore, on the prior solution of the problems of population structure and migrations, investigation of which is now being accorded the highest priority.

3. Potential fishing power of the fishing fleet

In order to monitor changes in the fishing fleets, and so be able to estimate the potential of these fleets with respect to fishing effort on the tuna stocks, we are computing indices of *potential fishing power*. We have computed, and presented in last year's report, separate indices for the fleets of purse-seiners and clippers operating from ports of the United States (including Puerto Rico). The index, for each type of vessel, was computed by multiplying the number of vessels in each size-class engaged in the fishery during the year by a factor expressing the average efficiency of vessels of that size-class relative to a size-class selected as a standard; summing these products over all size-classes gives an index of potential fishing power in terms of number of vessels of the standard class.

The index for clippers has declined in 1957 to 160 standard (class 4) vessels from 164 in 1956. The index for seiners has declined in 1957 to 50 standard (class 3) vessels from 63 in 1956.

We have now also calculated a combined index of all vessels. In order to do this, we have derived an effectiveness ratio of a standard seiner to a standard clipper, taking into account the relative efficiency of the two, based on the catch-per-day's-absence-from-port, and the relative operating rate of the two, based on the average number of

days spent at sea per year during the period 1947 to 1956. The number of standard seiners is multiplied by the effectiveness ratio (which is 0.532) and added to the number of standard clippers, to give the total potential fishing power in terms of number of standard clippers. This combined index is shown in Figure 5 for the years 1932 through 1957, and it may be seen that it has declined quite steadily from a peak in 1951. Between 1956 and 1957, the potential fishing power dropped from 199 to 187 units.

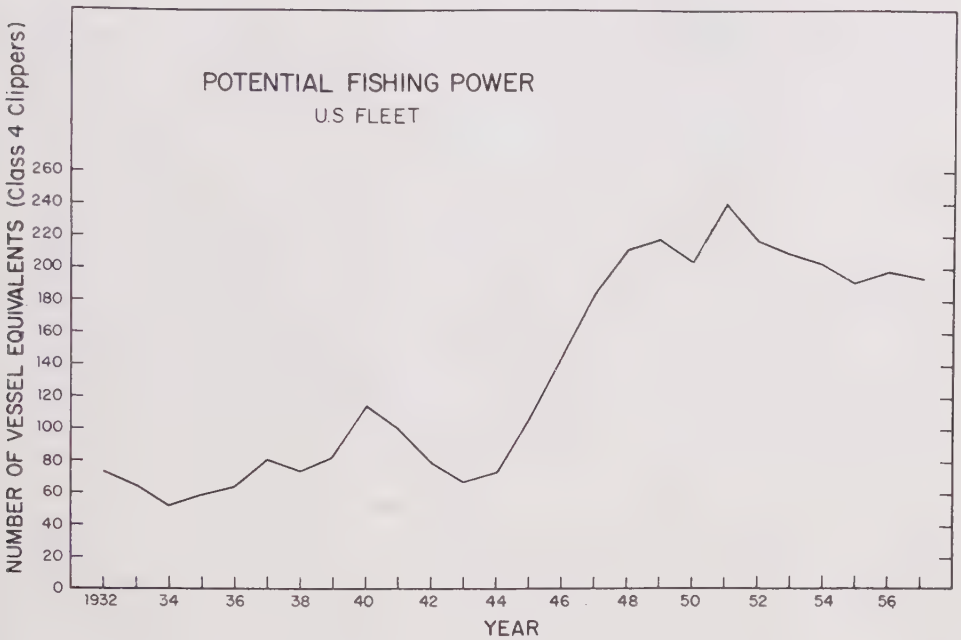

FIGURE 5. Potential fishing power of tuna fishing vessels based in U. S. ports (including Puerto Rico).

Considering the observed decline in the potential fishing power of the fishing fleet operating from U.S. ports, which accounts for the overwhelming share of the total fishing effort, and the likelihood of this decline continuing (since little construction is contemplated to offset the continuing attrition), it appears very unlikely that the fishing effort can, during the forthcoming year, be sufficienly increased to reach a level corresponding to the maximum equilibrium catch from the aggregate of yellowfin tuna stocks in the Eastern Pacific.

4. Other studies of tuna catch statistics

We have continued during the year the charting of total catch and catch-per-unit-of-effort by quarter of the year and statistical sub-areas, in order to examine the changes in space and time of the availability of the tuna stocks to the fishery. Publications on these studies are inprocess of preparation.

Investigations have also continued on the comparison of the catch-per-unit-of-fishing-effort per unit area of sea surface, not weighted by the distribution of fishing

effort, with the ordinary estimates which are so weighted. This may lead to a method of estimating the abundance of each of the tuna species which is less influenced by year-to-year variations in availability than the methods now routinely employed. It should, in any case, provide some insight into the effects of variable success of the fishermen in concentrating their efforts in areas of high availability.

In addition, we have commenced the tabulation of total catch by months, for each of several recent years, by major geographical subdivisions of the Eastern Pacific. This is being done to determine how much regularity occurs in the month-to-month distributions of total catch within such geographical subdivisions. The results of this study are of importance with respect to further understanding of variations in availability of the tunas to the fishermen, and are also of importance with respect to the eventual planning of conservation regulations when needed.

5. Research on tuna population structure and migrations

The fundamental dynamic unit of each tuna species is the sub-population, a homogeneous group of fish which mix and interbreed freely among themselves, but which do not intermingle, or intermingle to only a limited degree, with members of other sub-populations. Understanding of the population dynamics, and efficient management measures, need to be based on such units. It is a problem of high priority, therefore, to determine to what extent each tuna species is separated into independent or semi-independent sub-populations, and the geographical and oceanographic boundaries of each.

Several lines of research bear on this problem, but the most important are: direct measurement of migrations by liberation and recovery of tagged specimens; studies of time and area changes in the size composition of the commercial catches; and morphometric studies.

Tuna tagging and recovery

The most direct approach to the study of the geographical distribution of possible unit stocks is the tagging and subsequent recovery of specimens to elucidate migration patterns. Research on tuna tagging and recovery was commenced in December 1955, and has been vigorously pursued during the past year. The tagging and recovery program has concentrated on four lines of endeavor, designed to provide, within a few years, sufficient information to elucidate the migration patterns of adult tunas of both commercial species within the region of the commercial fishery in the Eastern Pacific. These lines are: (1) Reduction of tagging mortality by improved tagging techniques (2) Tag improvement to prevent or reduce loss of tags by shedding (3) Improvement of rate of recovery of those tagged fish which are caught (4) Increase in the number of tagged fish liberated, to provide a greater number of returns.

The basic type of tag employed has been a loop of plastic, inserted through the dorsal musculature just posterior to the second dorsal fin (see Figure 6), bearing a serial number and a legend "Return Tuna Commission San Diego." This type of tag was initially developed by scientists of the California State Fisheries Laboratory, who fastened the loop by tieing a knot in the free ends of the plastic. We have subsequently

modified the tag by employing a metal clamp, or staple, to fasten the free ends, which not only reduces the time of handling of the fish, but also prevents tag losses by the knot becoming untied.

New materials and techniques must be evaluated indirectly from the tag returns in field experiments, since aquarium or pond experiments are not feasible, consequently progress is slow initially at low rates of tag return, but more rapid as recovery rates increase.

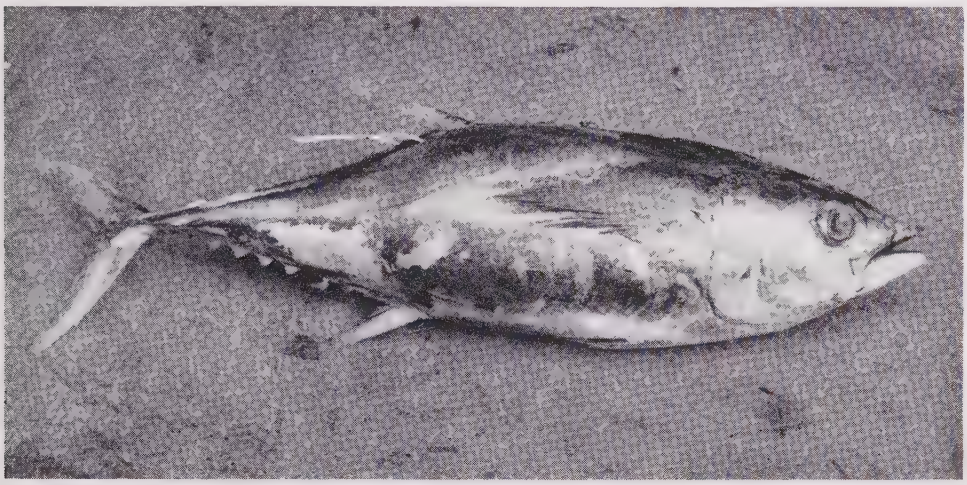

FIGURE 6. Tagged yellowfin tuna, after recovery.

Tagging mortality: That the handling of the fish during tagging can produce considerable mortality has been shown by grading the fish according to apparent condition at time of release as "good," "fair," or "poor" and comparing recovery rates from the three groups. For yellowfin tuna, rates of return from "good" and "fair" categories were similar, but significantly higher than the rate for the "poor" group. For skipjack the recovery rates were significantly different for all three groups, and were in descending magnitude according to fish condition. In order to reduce the handling time, which appears to be the most critical factor, considerable efforts have been made toward the development of improved handling techniques. In addition, there has been developed an automatic stapling device for clamping the ends of the plastic loop tag. Several models of this device have been built and tried in the field, various mechanical difficulties being eliminated in successive models. The final model, which works very well, was tested on cruise 14 in September-October 1957 in comparison with the older method of applying the clamp by hand. Preliminary returns from fish tagged by the two methods on this cruise are shown in the following table:

	Yellowfin		Skipjack	
	Tagged	Recovered	Tagged	Recovered
Hand clamped	258	10	451	8
Automatic stapler	315	9	455	47

It was found that with the automatic stapler the time-out-of-water was reduced about 30 per cent. While the above results suggest that this had little effect on reduc-

ing tagging mortality of yellowfin, it seems that a very great improvement has been obtained with skipjack. This new method will be employed routinely in the future.

Tag improvement: Scientists of the Pacific Oceanic Fishery Investigations in Hawaii have reported considerable success with quite a different type of tag, a piece of plastic tubing with a dart-like tip, which is simply pushed between the fin-supports at the base of the second dorsal. On cruise 12, in the summer of 1957, we released 296 fish marked with this type of tag. No returns have yet been received; however, only four of 813 plastic loop tags liberated at the same time have yet been returned. It is planned to conduct further comparative tests of this new tag during 1958.

Long-term recoveries from 1955 to 1956 experiments indicated that the vinyl plastic employed in the loop tags became brittle after some months of exposure to sea water, and, presumably, led to some tags being broken and lost from the fish. Consequently, we conducted a series of experiments using equal numbers of the ordinary loop tags and loop tags reinforced with a core of monofilament nylon, which is impervious to sea water. The latter gave significantly higher returns, particularly among tags out over 6 months, and is now being used routinely. During 1957 there was, furthermore, developed by a commercial concern a new vinyl plastic which withstands long periods of exposure to sea water. We are now using this new material, but have retained the nylon core as a precaution. Among recoveries made so far, up to about six months exposure, no evidence has been observed of deterioration of the new plastic.

Improvement of recoveries: Early in 1957 it became evident that many tagged fish which were caught were not being returned to us. Part of this tag loss appeared to be due to the tags being overlooked, and part to lack of interest among fishermen and cannery workers. To estimate losses due to undetected tags, a series of experiments were conducted, in cooperation with scientists of the California State Fisheries Laboratory, from which it appeared that undetected tags might constitute 50 per cent of the total number caught by the fleet. In order to improve tag visibility, experiments were conducted employing different colors of plastic loop tags. In these experiments, yellow yielded about twice the recovery rate of white or of other colors tested. During the latter part of 1957 we have, therefore, employed yellow routinely.

In order to encourage return of tags, a reward of one dollar, and a chance on an annual $300 drawing, was offered, commencing early in 1957. This was given wide publicity in the tuna-fishing ports of the United States, Mexico, Panama, Costa Rica, Puerto Rico, Ecuador, Peru and Chile. The success of this is difficult to measure, but since the initiation of the reward system, there has been a gratifying increase in the rate of tag returns.

Tag liberations and results: In order to accelerate this program during 1957, the work at sea was increased, both from our headquarters laboratory and from our field station in northern Peru. A summary of the plastic loop tags released since December 1955, and the returns therefrom through December 31, 1957, are given in Table 4. The geographical distribution of tag liberations, by species, is shown in Figure 7, by broad geographical areas. It may be seen that some tagging has been done in all parts of our region, but that the numbers are rather smaller in areas from Colombia to Central Mexico than in the areas toward the northern and southern extremes of the tuna fishing region.

TABLE 4. TUNA TAGGING WITH PLASTIC LOOP TAGS FROM CLIPPERS TO DECEMBER 31, 1957.

From San Diego

(Through Dec. 31, 1957)

Cruise No.	Vessel	Date voyage ended	Area fished	Number tagged		Number recovered	
				Yellowfin	Skipjack	Yellowfin	Skipjack
1	Concho	1/29/56	No. South America	365	1006	21	15
3	Mary Lou	4/26/56	Manzanillo to Gulf of Fonseca	160	71	2	0
4	Mary Lou	6/25/56	Revilla Gigedo Islands	139	199	8	3
5	Mary Lou	9/17/56	Revilla Gigedo Islands and Baja California	36	382	3	5
6	May Queen	11/16/56	Central America, Gulf of Calif. and Baja California	179	172	1	0
7	South Coast	11/13/56	Baja California	219	915	17	13
8	Jeanne Lynn	12/24/56	Revilla Gigedo Islands and Tres Marias Islands	340	323	14	6
9	Starcrest	3/4/57	Revilla Gigedo Islands and Tres Marias Islands to 15° N.	342	85	22	8
10	Excalibur	4/29/57	Central America	614	269	2	4
11	Mary Lou	5/16/57	Gulf of Panama and Central America	380	291	1	1
12	Sun Pacific	8/8/57	No. South America and Gulf of Panama	168	645	0	4
13	Paramount	8/27/57	Galapagos Islands and No. South America	196	809	9	4
14	Starcrest	10/2/57	Baja California	574	906	19	55
16	Portugesa	12/11/57	Baja California	401	585	15	16

From Paita and Mancora, Peru

Year	Quarter	Area	Number tagged		Number recovered	
			Yellowfin	Skipjack	Yellowfin	Skipjack
1956	3	No. South America	41	121	0	1
1956	4	No. South America	290	885	28	7
1957	1	Central America and No. South America	86	294	7	4
1957	2	Central America and No. South America	951	3096	35	49
1957	3	No. South America	141	2027	5	56
1957	4	No. South America	531	1645	1	26

Net migrations of tagged yellowfin tuna, recovered through 15 December 1957, are shown in Figures 8, 9, and 10 for periods between tagging and recovery of up to 60 days, 61 to 180 days, and over 180 days, respectively. Numbers on these charts indicate number of fish which were recovered within the same one-degree square in which they were released and had, therefore, shown a net migration of less than about 60 miles. For each specimen which was recovered at a greater distance from the point of release, an "arrow" connects the point of tagging and point of recovery.

It may be seen that during the first 60 days, most of the recoveries are made in the near vicinity of the location of release, but that a few specimens have made migrations up to a few hundred miles. Between 61 and 180 days, there are still recaptured numerous specimens in the same one-degree square in which they were tagged, but there is a greater percentage of more distant recoveries. Of particular interest are the several fish which had migrated from the vicinity of central Mexico to the area near the tip of Baja California, and the one specimen which had gone from the area off the Gulf of Guayaquil to near 10°S off Peru. A second specimen moving between these latter two locations is shown on the chart of recoveries at liberty over 180 days, and it may also be noted that fish from the central Mexican coast were recovered on the "local banks" off Baja California. Even after over six months at liberty, 13 of

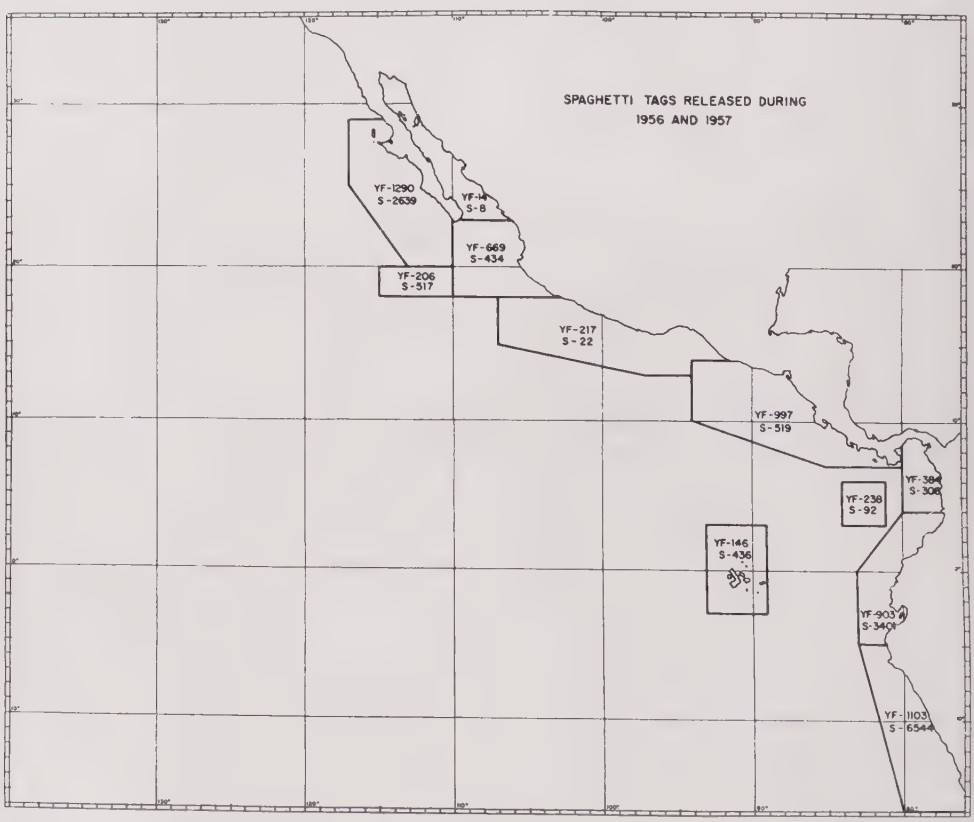

FIGURE 7. Geographical distribution of tag liberations, 1956 and 1957.

the 25 recaptures shown on this chart were recovered within the same one-degree square in which they were tagged. It seems that many of the adult tunas show little net movement even after many months.

On the basis of the migrational pattern shown by the tagged yellowfin on these charts, it would appear that the fish from the vicinity of the Gulf of Tehuantepec to the sea area adjacent to Baja California belong to the same stock. It is of interest also to note that there have been, so far, recorded no migrations from the vicinity of the Revilla Gigedo Islands (numbers in the neighborhood of 20°N 115°W) toward the mainland, and only one fish tagged near the mainland has been recovered near these offshore islands. This would seem to support the hypothesis that the yellowfin near the islands are at least semi-independent of those further toward the mainland.

Net migrations of tagged skipjack, recovered through 15 December 1957, are similarly shown in Figures 11 and 12 for periods at liberty of up to 60 days and over 60 days, respectively. So few recoveries of fish at liberty over 6 months had been made to 15 December 1957 that it is not illuminating to chart them separately. For skipjack, as for yellowfin, the great majority of recoveries during the first two months have been made in the same one-degree square in which they were liberated, and only

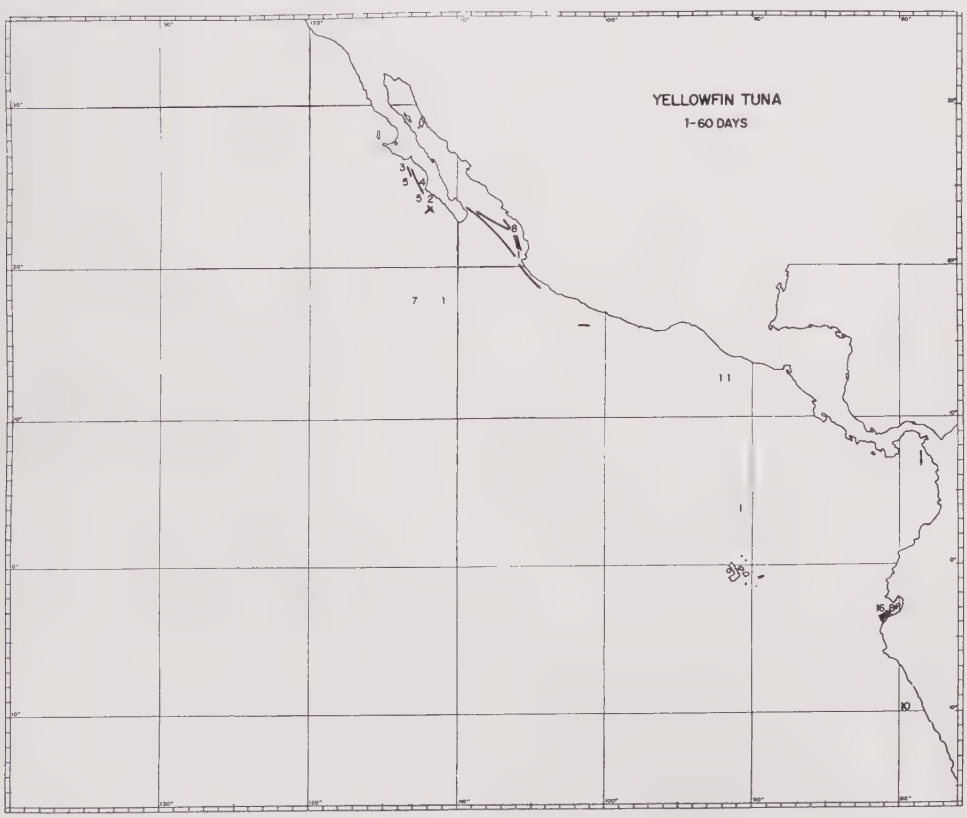

FIGURE 8. Migrations of tagged yellowfin tuna at liberty up to 60 days.

one moved any great distance, from the "14 fathom spot" off Chimbote to the vicinity of the Gulf of Guayaquil.

Recoveries of tagged skipjack at liberty over two months again include many that have remained in the general vicinity of their liberation, but some fairly long migrations appear. Returns are yet too few to furnish a basis of any firm conclusions, but the migrations of the specimens tagged off northern South America do indicate some mixing from off northern Peru to off Colombia at least.

Obviously much more tag recovery data will be required to elucidate the migration patterns of both tuna species, but the data obtained so far are encouraging.

Size composition of the commercial catch

During 1957, staff scientists continued to collect size-composition data from representative samples from each of twelve sampling areas previously established (see Figure 7 in the 1955 Annual Report). Commercial landings of both species were sampled throughout the year at San Diego and San Pedro, to the extent permitted by the seasonal availability of fish in each sampling area, and additional samples from Area 06 were collected by staff members stationed in Peru. As in the past, this market-

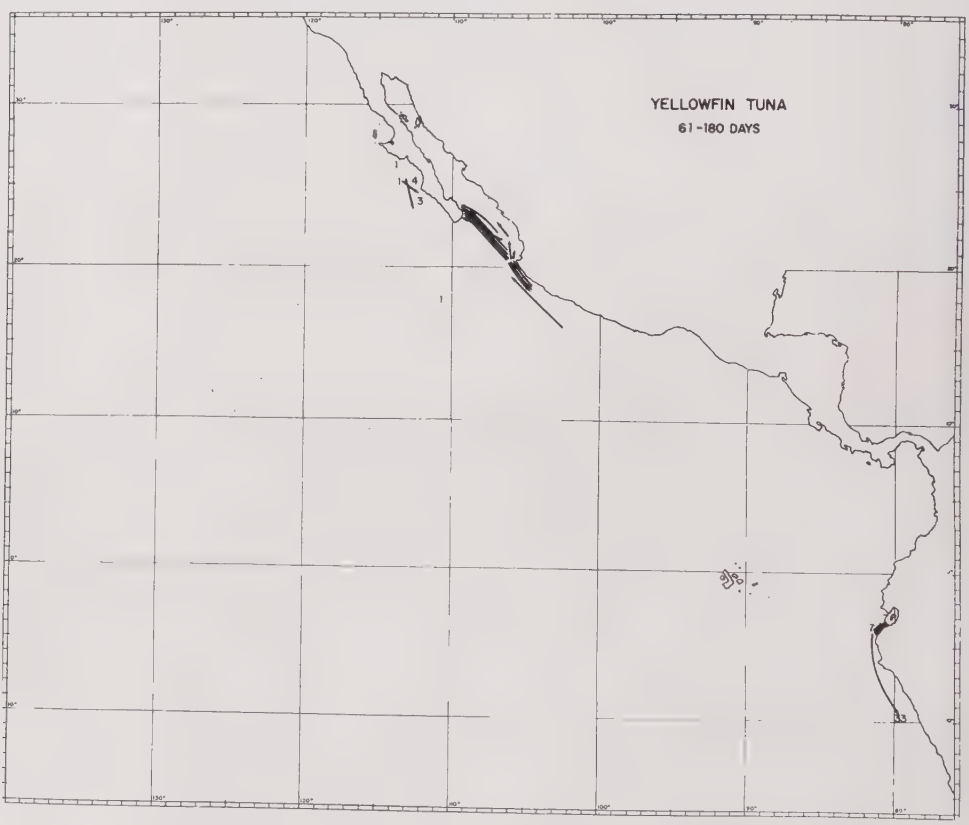

FIGURE 9. Migrations of tagged yellowfin tuna at liberty 61-180 days.

measurement program at San Pedro was conducted in cooperation with personnel of the California State Fisheries Laboratory.

From these data, by comparing the occurrences of modes in the length-frequency curves from area to area in different months, it is possible to infer migration patterns of certain sub-populations. An example of this approach is illustrated in Figure 13. In this figure there are plotted, for each month from February 1955 through December 1956, the percentage length frequency curves of yellowfin tuna for three adjacent sampling areas; 01, the area off Baja California but excluding the Revilla Gigedo Islands; 03, the area off the Gulf of California from the tip of Baja California to 18°N; and 04, the area from 18°N to the Gulf of Tehuantepec. It may be seen that in each year a group of small tuna enters the fishery in Area 01 during June and July, at a modal size of about 530 mm., and continues to be fished, while its members are growing, through the summer and fall. The same group can be traced subsequently also in Areas 03 and 04. In the spring months (March-May) these fish have reached a modal size of 700-800 mm., and are taken mostly in Areas 03 and 04. During the ensuing summer they appear again on the grounds off Baja California as the second mode in the size frequency curves, having reached a modal size of 800-900 mm. Thus, the two modal groups present off Baja California in the summer undoubtedly repre-

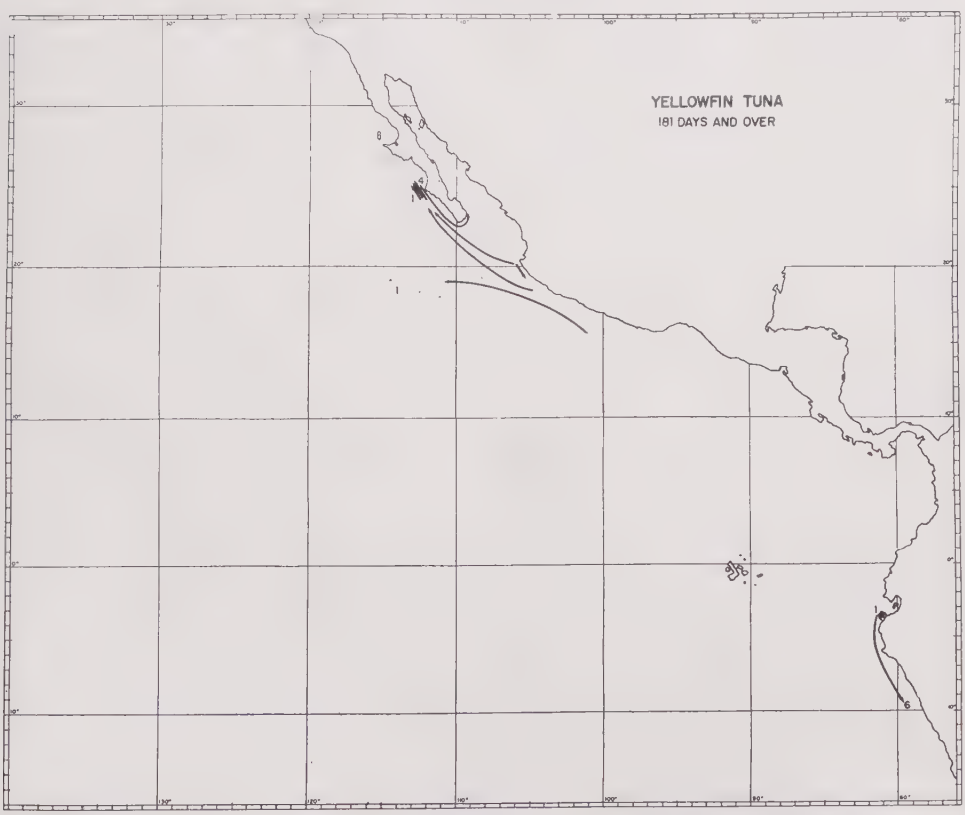

FIGURE 10. Migrations of tagged yellowfin tuna at liberty over 180 days.

sent two consecutive age groups. The first group is believed to be one year old, and the next two years old. The modal groups can, of course, also be identified at older ages in some months.

These data are consistent with the hypothesis that at least the major share of the yellowfin tuna occurring in these three sampling areas belong to the same population, that the members of each successive year class first enter the fishery as small fish, primarily in Area 01, during the summer, that during the winter there is a general southerly migration to Areas 03 and 04, and that during the following summer there is a northerly migration.

Although these major features of the data seem fairly clear, there is, in some months in some areas, evidence of intermediate size groups which do not fit the general pattern. We find an extraneous group of fish in Area 01 in three consecutive months, July, August, and September of 1955, at a modal size near 700 mm. A second extraneous group appears in Area 03 in April, May, and June of 1956 (at a little over 600 mm.), disappears for two months, then reappears in September and October. It seems certain that these are not sampling artifacts. The origin in space and time of these extraneous groups is not clear; they may represent migrants from some other area, or they may represent groups which originate within this region from spawning at other than the usual time of year.

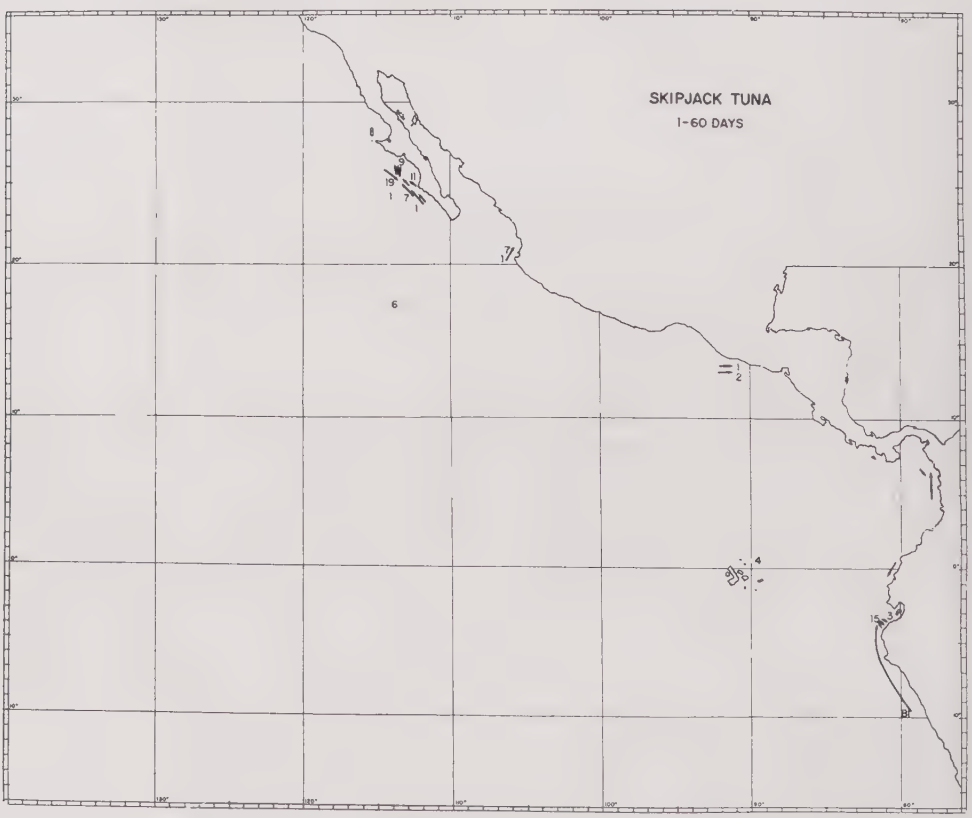

FIGURE 11. Migrations of tagged skipjack at liberty up to 60 days.

We expect that it will also be possible to employ this type of data to compare growth rates in different parts of the Eastern Pacific Ocean as a further clue to population differences. This approach is complicated, however, because the rate of growth appears to vary from one year class to another in the same area. The progression of modes in Figure 13, for example, indicates that in this region the 1954 year class (which entered the fishery in 1955) grew, particularly during its third year, much faster than earlier year-classes.

Morphometric investigations

Analysis of morphometric data for skipjack has shown that there are real average differences between specimens of this species taken from different areas, greater than the differences encountered among different samples from the same area, indicating that this species is not composed of a single, homogenous population in the Eastern Pacific. Similar results have been obtained for yellowfin tuna, although there is doubt whether the between-area differences represent real population differences, or can be accounted for simply by sampling variations within areas.

The magnitudes of the morphological differences encountered are, for both species, sufficiently small that the identification of boundaries of sub-populations

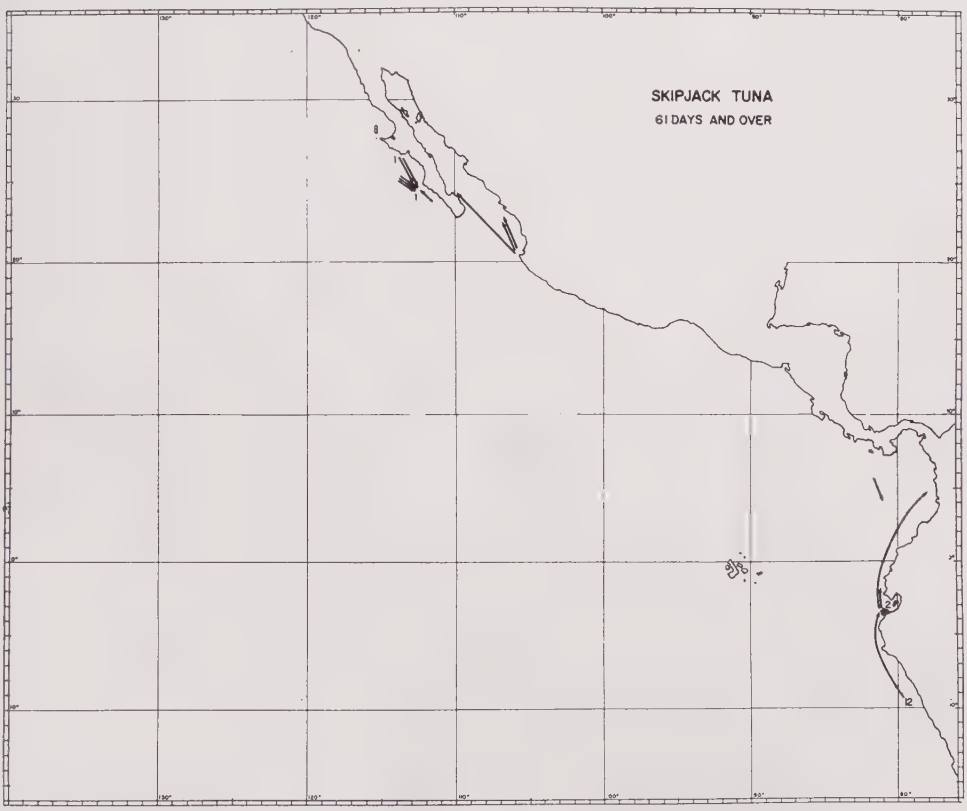

FIGURE 12. Migrations of tagged skipjack at liberty over 60 days.

from morphometric data is unlikely. We therefore propose, after completion of analysis of data now on hand and publication of the results, to terminate this line of research.

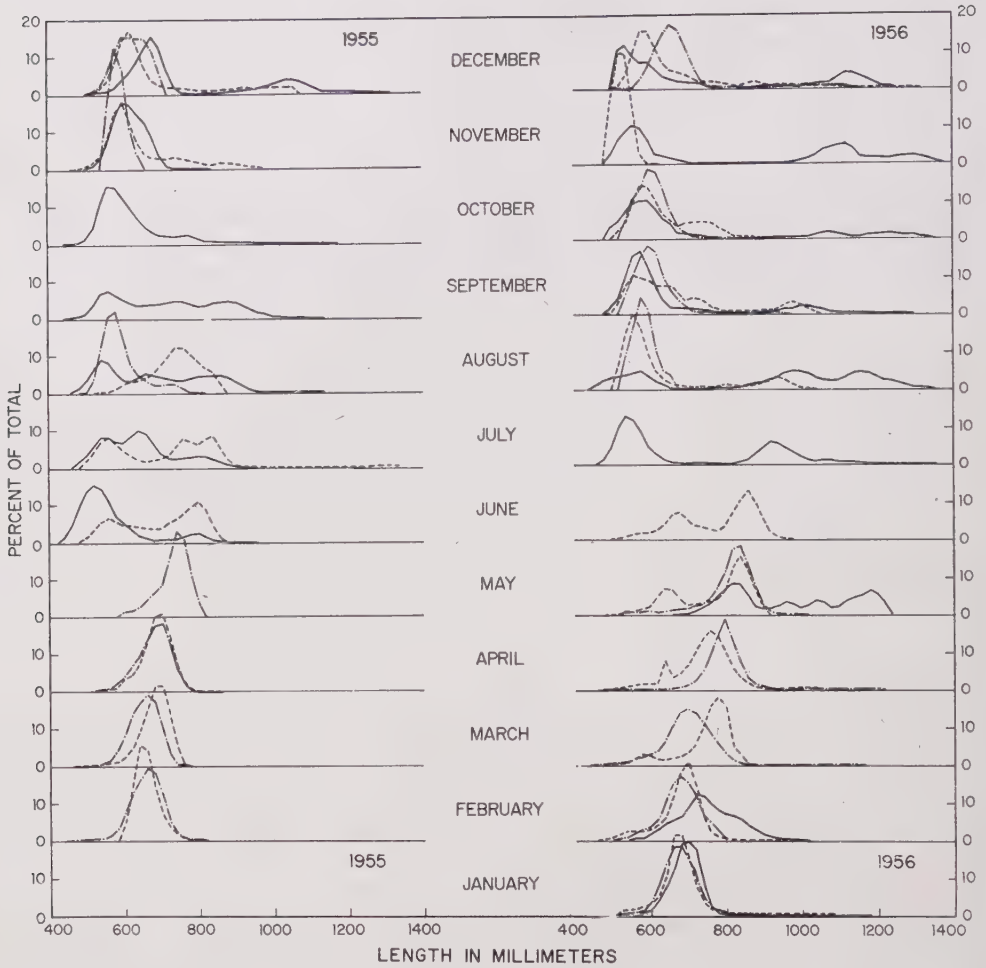

FIGURE 13. Percentage length frequency curves of yellowfin tuna. Solid line, sampling Area 01. Broken line, sampling Area 03. Dash-dot line, sampling Area 04.

6. Other aspects of tuna life history and behavior

Although the investigations of population structure and migrations described above are of highest priority, other investigations also contribute to the solution of these problems. Furthermore, we need to have additional knowledge of the life history and behavior of the tunas as a basis of understanding the effects of fishing on the resources, and as a basis of understanding variations in abundance and yield due to other, fishery-independent factors. Several kinds of such investigations were continued in 1957.

Investigations based on the size composition of the commercial catch

As described above, we are continuing routinely our collection and compilation of data on size composition of commercial catches, by time and area strata. The use of these data for inferring migration patterns, and for estimating growth rates by following progression of modal groups, has been noted.

These data are also of value for estimating temporal and spatial changes in apparent abundance of successive age classes, and so arriving at some understanding of the variations in recruitment (year-class strength) and in availability to the fishery. For this purpose it is necessary to combine data, by time and area strata, respecting the catch-per-unit-of-fishing-effort, the percentage length composition of the catch, and the length-weight relationship. Data of the last two categories are only now becoming sufficient for this purpose. We have, during 1957, examined, for both species, the length-weight relationships. During the latter part of the year, we have also commenced, for yellowfin tuna, the calculations to provide estimates of the apparent abundance at various size-classes by sampling area and quarter of the year. These investigations have not yet progressed far enough to report on results.

Evidence of spawning from gonad examinations

Knowledge of the areas and seasons of spawning of the tunas is of value for several reasons. It is of importance for the solution of the problems of population structure, because each self-contained population unit must include reproducing individuals. Furthermore, if the rates of growth of pre-commercial sizes are the same for different population units, the time of entry of the youngest age group should be correlated with time of spawning of their parents. Knowledge of the geographical and seasonal extent of spawning, together with information on variations of environmental conditions, may also be expected eventually to provide part of the basis of understanding of variations in recruitment to the commercial stocks.

One method of identifying times and areas of spawning of fish of commercial sizes is the examination of the gonads of specimens in the catch. For this purpose, we have, during the past three years, systematically examined the ovaries of females of both species from a number of sampling areas to determine the degree of maturity of the gonads, and to detect remanents of eggs from past spawning. Methodology has been described in previous annual reports, and in *Bulletin, Vol. I, No. 6.* While our data are not yet complete for all areas, we have been able to identify certain spawning areas, and to identify others as certainly areas of little or no spawning. The current status of our information is as follows:

Yellowfin tuna

Sampling from the areas off Baja California, the "local banks," from 1954 through 1956 indicated the presence of a few fish in advanced stages of maturity, and some evidence of recent spawning, between July and September. It appears that, while some spawning may occur here, it is, at most, of minor importance. Similarly, in the region of the Gulf of California, we have encountered no specimens, at any time of year, approaching sexual maturity.

From collections commenced in May 1957, it appears probable that the population which inhabits the area between the local banks and the Gulf of Tehuantepec spawns mostly in the area off Mexico southerly from the Tres Marias Islands. Many specimens in advanced stages of ovary maturation have been found here during the summer months, with the highest gonad indices in June and July; also some ovaries contained remanents of ova which appeared to be left from quite recent spawning. Intensive collecting from this area will be continued through 1958.

The vicinity of the Revilla Gigedo Islands has been sampled regularly for three years. In each year, we have found evidence of much spawning from about May through October, with a peak in July through September. A running-ripe female was collected here in March, 1957.

Sampling has been done also for three years in the area off Central America, from off Nicaragua to Cape Mala, Panama. This, also, appears to be a major spawning area for yellowfin tuna, and at a different season than in areas to the northward. Here the condition of ovaries indicates some spawning throughout the year, but with the peak from December to March.

Between this area and the Gulf of Tehuantepec we have also found evidence of spawning yellowfin, but the seasonal pattern is yet unclear. It may be that this is a zone within which there is a boundary between sub-populations.

Samples of yellowfin tuna from the vicinity of the offshore islands (Cocos, Clipperton, and Galapagos) contain some specimens in advanced stages of maturity. Due to infrequency of samples from these locations, however, our data are yet inadequate to estimate their importance as spawning areas, or the seasons of peak spawning.

Good samples throughout the year from the region off northern Peru indicate the absence of females very near to spawning, and it appears, therefore, that there is little or no spawning in this vicinity. Further to the north, off Ecuador and Colombia, however, we have encountered females in very advanced stages. Further samples from here are required to elucidate the seasonal pattern.

Skipjack

The picture that is emerging from ovary examination of this species is that there is little or no spawning anywhere in areas adjacent to the mainland, but that this species spawns, primarily, far offshore. Gonad indices of specimens from sampling areas off Baja California, the Gulf of California, the Mexican coast near Tehuantepec, and off the coasts of Peru and Ecuador, have remained low, indicating that this species does not spawn in these locations. Although some specimens with maturing ovaries are found off Central America, and some also which have spawned in the past, we fail to find any very close to the spawning condition. On the other hand, very advanced ovaries have been found in females from the vicinity of some offshore islands.

The Revilla Gigedo Islands is the only offshore area from which we have been able to obtain really good sampling throughout the year. This region has been sampled regularly during three years. Each year we have found females with advanced

ovaries, very close to full maturity, during the summer and fall months, although even then there are others with only partially developed gonads. It would appear that at least part of the skipjack population in this vicinity spawns near here during the period from about May to September.

Larval and juvenile stages

While useful inferences may be drawn as to the times and places of spawning of the yellowfin and skipjack tunas in the Eastern Pacific region from the regular examination of gonads of females from the commercial catches, these observations are necessarily somewhat restricted in value by their indirect nature. Since tunas are capable of swimming rapidly, and covering rather large distances within short periods of time, it is entirely possible that the locations of capture of fish with nearly mature, or recently spent gonads, may be at some distance from the site of actual spawning. We are, therefore, also following an alternative, and perhaps more definitive, line of investigation by the collection and identification of larval and juvenile stages of the tunas throughout the Eastern Pacific region. The presence of these young forms in a given area should indicate recent spawning, because the time required for a tuna egg to hatch is relatively short, a few day at most, and the passive displacement of eggs and newly hatched larvae by ocean currents is probably not extensive.

One of the major problems encountered in this research is the identification of the eggs, and of the young stages, from larvae to the juveniles. For yellowfin and skipjack, little success has thus far been achieved in the specific identification of pelagic eggs, and most of the work has, therefore been concentrated on recognition of the tunas after hatching. Even these studies, which have advanced considerably over the past few years, present certain difficulties, because of the presence in our area of investigation of the young of several species of tunas and tuna-like fishes other than yellowfin and skipjack. Despite these obstacles, we have made good progress in 1957.

The task of identifying tuna larvae and juveniles is being approached by the identification of larger juveniles, which are recognizable by adult characters and by descriptions published by earlier investigators, and the preparation of identified series of smaller sizes by comparison with these larger specimens. Exchange of identified material with researchers working in other places has also simplified these studies by making reference series available to our workers. Some thought is also being given to the use of morphometric and meristic characters in identification of young tunas, and particular attention is being given to sequences of fin formation, ossification, and pigment changes. Unfortunately, we lack, at the present time, completely adequate collections of yellowfin and skipjack tuna for these studies and, for this reason, have had to concentrate on such species as the frigate mackerel *Auxis* for which we have considerable material. These studies of commercially unimportant species are not without value, however, for many of the problems inherent in the identification of these fish are common to the yellowfin and skipjack.

The material which the Commission has on hand consists primarily of collections of young fish made aboard commercial fishing vessels and research vessels by means of dipnetting under a light, and larval forms which are found in plankton hauls taken routinely during oceanographic cruises. While the collections for tuna fishing

vessels are rather sparse, because they are made incidental to other work, the plankton material is quite extensive in terms of areas covered, although not with respect to seasons of the year. The sorting of fish larvae from other planktonic organisms is a time-consuming process, however. By the end of 1957, processing had been completed of all plankton samples taken during *Eastropic* expedition of 1955 and *Scope* expedition of 1956, consisting of about 250 collections. The scombroid specimens found in *Eastropic* samples have almost all been identified and the larval tunas in over half of the *Scope* collections have been similarly segregated.

These plankton collections have been made incidentally to other investigations and provide broad coverage. In addition, however, we require to investigate specifically areas which appear from gonad studies to be probable spawning areas. Such specialized studies were commenced, in 1957, with a cruise to the Revilla Gigedo Islands. This region, and the vicinity of the banks off Baja California, were surveyed between 1 July and 20 July by our scientists, aboard the Scripps research vessel *Orca,* who made a series of plankton hauls at each of 70 stations. The collections have not yet been sorted, but are known from superficial examination to contain some scombroid specimens.

From the material so far identified, we are beginning to obtain a picture of the spawning of the tunas and related scombroid fishes in the Eastern Pacific. Species-wise the following may be noted:

Yellowfin tuna - This species appears to spawn over an extensive area of the Tropical Eastern Pacific. Juveniles have been collected from waters off Baja California south to Panama. Larval specimens found in *Eastropic* plankton hauls, together with some recent findings of the Pacific Oceanic Fishery Investigations, indicate that some spawning occurs far offshore.

Skipjack - Only two specimens of very young skipjack have thus far been obtained from waters near the mainland; these were taken off Costa Rica in the winter of 1947. More recently, larval forms have been found in equatorial waters far offshore, in the vicinity of 120°W longitude.

Black skipjack - This species seems to be more coastal than the commercially important tunas, and is found from California to Peru and near the Galapagos Islands. Almost all of the juveniles have been taken within a few hundred miles of the shore.

Frigate mackerel - From our collections it appears that this is perhaps the most abundant of the scombroid fishes in the Tropical Eastern Pacific, because the great majority of the larval and juvenile specimens which we have collected, numbering over 1500, belong to this species. We have collected frigate mackerel over a wide area, at practically all times of the year, and from the coast to over 1000 miles offshore. Spawning appears to occur from Baja California to Peru around outlying islands, and also far from any land.

Food of tunas

We have continued, incidentally to other work at sea, to collect stomach contents of tunas to determine the relative importance of different kinds of organisms as tuna

food. In addition, late in 1957, we have commenced some sampling of stomach contents of commercially landed tunas at San Diego, to supplement the collections made by our scientists at sea, with special reference to the determination of whether specimens near islands are supported by a greater share of food species associated with the land than are specimens living far from the islands. This investigation has been undertaken as a result of the observations of the Island Current Survey (see below under Oceanography and Tuna Ecology) which indicated that the primary productivity and the standing crops of pelagic organisms are not greater in the vicinity of an island (Clarion) than in offshore waters in the same general region.

Schooling habits

The aggregation of the tunas into large, compact schools near the surface is the basis of both the live-bait and purse-seine methods of fishing. Consequently, knowledge of the nature of these aggregations is important as a basis of devising practical conservation regulations when required.

The two species occur, in general, in the same areas and at the same seasons and most commercial trips land a mixture of the two. In order to determine what share of the catches from schools encountered by purse-seiners is made from pure schools of a single species, and what share is made from schools containing a mixture of the two, we have previously analyzed the logbook records kept by purse-seiner captains. The results were discussed in last year's Annual Report, and presented in more detail in *Bulletin Vol. II, No. 3.* A similar study for bait-boats was not possible, because the masters do not log catches by individual schools, as do the masters of seiners. In order to obtain comparable data for bait-boats, scientists of our staff have, during 1956 and 1957, in the course of tagging cruises on bait-boats kept records of the catches from individual schools. These samples, taken during all seasons of the year, represent a total catch of 3,694 tons of fish caught by bait-boats, and are believed to constitute a fairly representative sample.

Geographical variation in schooling by species is evident both in the bait-boat samples and in the previously studied purse-seiner records. We present in Figure 14, therefore, the data by three geographical regions, for both kinds of gear, the seiner data being for the years 1954-1955 and the bait-boat data for the years 1956-1957. In this figure we have indicated, for each kind of gear and geographical region, the percentage of the total catch, in tons, which consisted of yellowfin tuna from pure schools of that species, of skipjack from pure schools of that species, of yellowfin from mixed schools, and of skipjack from mixed schools. The broken bar at the top of each graph shows the percentage of the total catch originating from pure schools of one species or the other. The total tonnage represented in the samples from each category is indicated.

It may be seen that the clippers make the greatest share of their catches from pure schools, but that this precentage, in each region, is somewhat lower than the corresponding figure for seiners. The catches by both types of gear indicate a greater tendency to mixed schools in the region from the equator to 15°N than in the areas to the north and south.

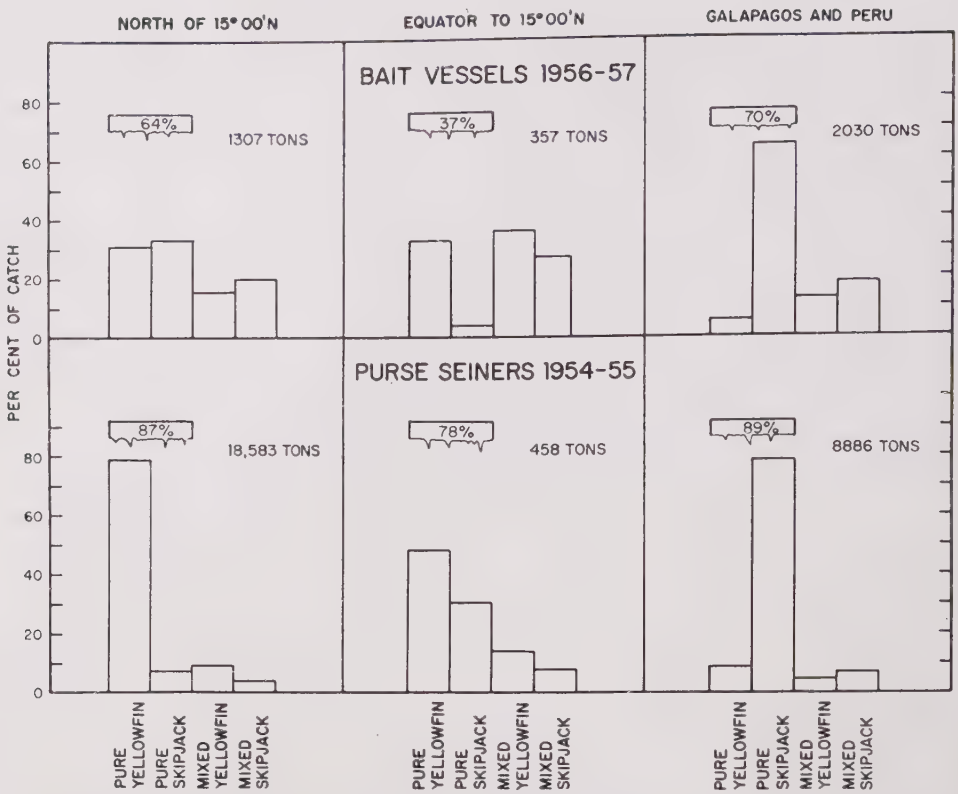

FIGURE 14. Percentages of catches, in three geographical regions, made by bait vessels and seiners, from pure schools and from mixed schools.

We are continuing to collect such data routinely, both from purse-seine logbooks and from clippers in the course of tagging cruises.

We are also collecting data on the size composition of individual schools, by the measurement of length-frequencies of random samples, during tagging cruises. These data have not yet been subjected to analysis because we do not believe that they are yet sufficient for detailed study.

7. Investigations of physical, chemical and biological oceanography and tuna ecology

The important frame of reference in studying the ecology of the completely oceanic, pelagic, migratory tunas in the system of ocean currents and water masses with the distribution of their chemical and biological contents. This is evidenced by the observations of the nature of the occurrences of commercially important concentrations of tunas, and their annual and seasonal variation. The tropical tunas are encountered in greatest abundance in the Eastern Pacific in certain areas, which are quite consistent from year to year, and which, in most cases at least, can be related to physical processes which support abundant food for these predatory fishes. The features of the oceanic circulation which lead to high primary biological production, and to concentration of food organisms, seem therefore to be a very important element in

their ecology. They may, however, respond also to other factors, such as the direct response to temperature, as evidenced by the seasonal northerly and southerly migrations, corresponding to the warming and cooling of the water, at the two extremes of their latitudinal range, despite the existence of high standing crops of food organisms in these regions during all the year. Additional evidence is provided by the changes in their distribution during periods of "abnormal" oceanic conditions, reflected in the catches: During the "El Niño" year of 1953, the distribution of commercial catches off northern South America was quite different from that of other years, as noted in earlier reports. In 1957, there has been an even more striking occurrence of this phenomenon. During the early part of the year, warm water extended far down the Peruvian coast, and has persisted throughout the year. At the same time, as in 1953, catches in the vicinity of Cape Blanco, near the usual northern boundary of the Peru Current, have been very poor, while good fishing has, as during the previous "El Niño" year, been quite good in areas further to the south, particularly in the ocean area off Chimbote. 1957 has also been a year of abnormally high temperatures off Baja California (indeed in the entire Eastern Pacific as far north as Alaska); correlated with this, the tropical tunas have been taken further north than usual, have been more spread out along the Baja California coast, and have persisted in commercial quantities on the banks off Baja California into January 1958, whereas in previous years they disappeared from this area much earlier.

Understanding of the oceanography of the Eastern Pacific, and the relationship thereto of the tropical tunas, as a basis for elucidating fishery-independent variations in the tuna populations and in the harvests therefrom, involves researches of several kinds. These, however, fall into three general categories: (1) Description of the general, or average, oceanic circulation and distribution of properties, including biological properties, to discover the features that are related to high primary production, and to other factors that influence the abundance and distribution of the tunas (2) Detailed studies of important features to reveal how they are physically maintained and to elucidate the process which affect the biological constituents and, finally, the tunas (3) Studies to measure the temporal variations in these features and processes, to discover their causes, and to relate them to variations in the distribution and abundance of the tunas. Work done during the past year may be summarized as follows:

Thermocline topography

A study of thermocline depth over the Eastern Tropical Pacific was completed during the year and the results summarized in a paper to be published soon. Depth to the top of the thermocline was read from several thousand bathythermograms on file at the Scripps Institution, and these values averaged by degree-squares by seasons, plotted, and contoured by depth intervals.

On all four of the resulting seasonal charts, two of which appear as Figures 15 and 16, the thermocline is found at a depth averaging less than ten meters at the thermal dome off Costa Rica, which is an area of high biological production. An hypothesis to explain the high organic production in this region has been formulated, based on

data from *Eastropic* and other sources. At times the thermocline is at the sea surface, so that the phytoplankton can thrive on a large nutrient supply in the presence of solar radiation. At all times the thermocline is quite close to the sea surface and is accessible to vertical mixing which "erodes" nutrient-rich water into the surface layer. This erosion process acts to deepen the thermocline and tank experiments have indicated that the most likely restoring mechanism is a gradual upward flow. Thus, the surface water in this region can be continuously enriched by the combined effects of vertical mixing and an upward flow.

There is reason to expect, then, that the organic production will be high where the thermocline is found very close to the sea surface. Whether or not thermocline

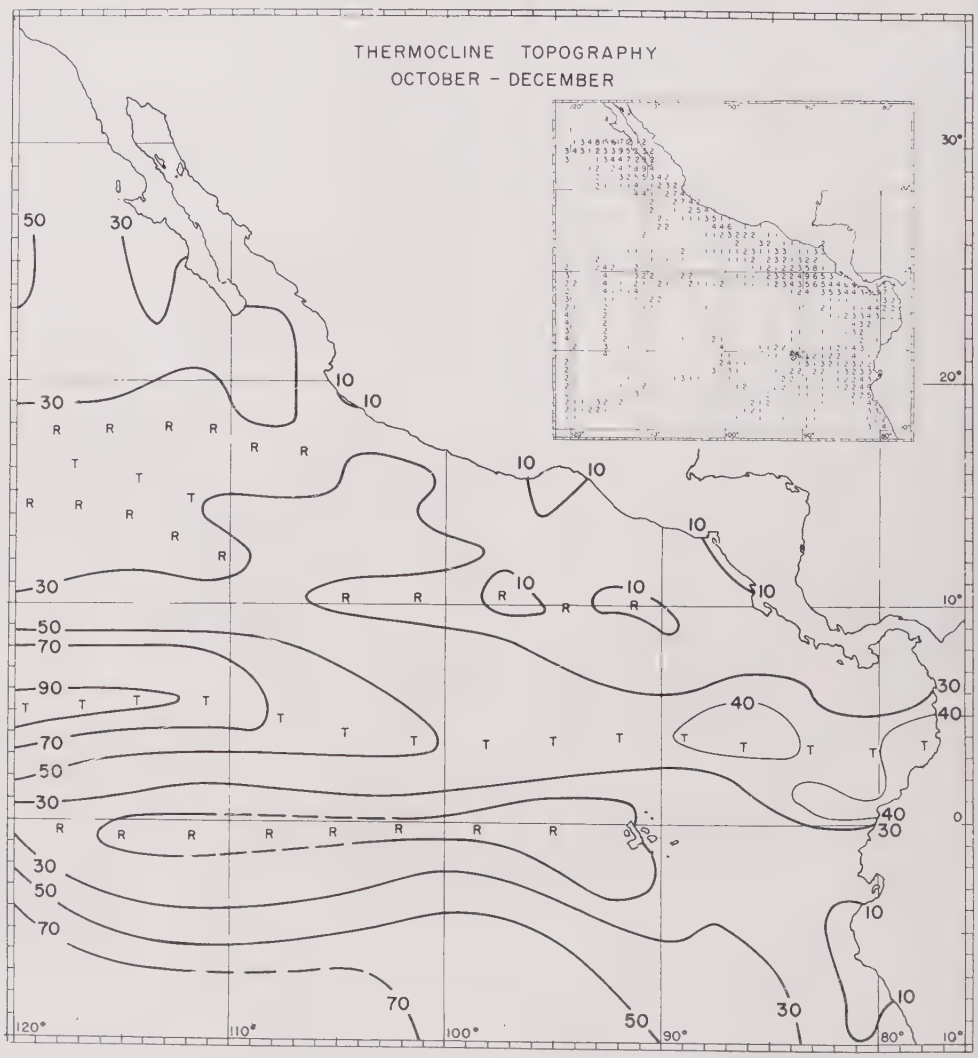

FIGURE 15. Thermocline topography during fall (October-December). Contours show depth to top of thermocline in meters.

depth is important generally is a subject of another study completed during the year, in which zooplankton volumes are compared to thermocline depth over the entire Eastern Tropical Pacific. A chart showing the abundance of zooplankton for fall appears as Figure 17. Comparison of this chart with the one of thermocline topography for the same season (Figure 15) shows that where the thermocline is very shallow, zooplankton volumes are invariably high, and that where the thermocline is very deep, zoóplankton volumes are invariably low. When the thermocline is at intermediate depth, the zooplankton volumes may vary considerably. These results seem to show that when the thermocline is at extremes of depth, it exerts a major control of production, as indicated by zooplankton volumes, but that when the thermocline is at intermediate depths other factors are important in determining the amount of production.

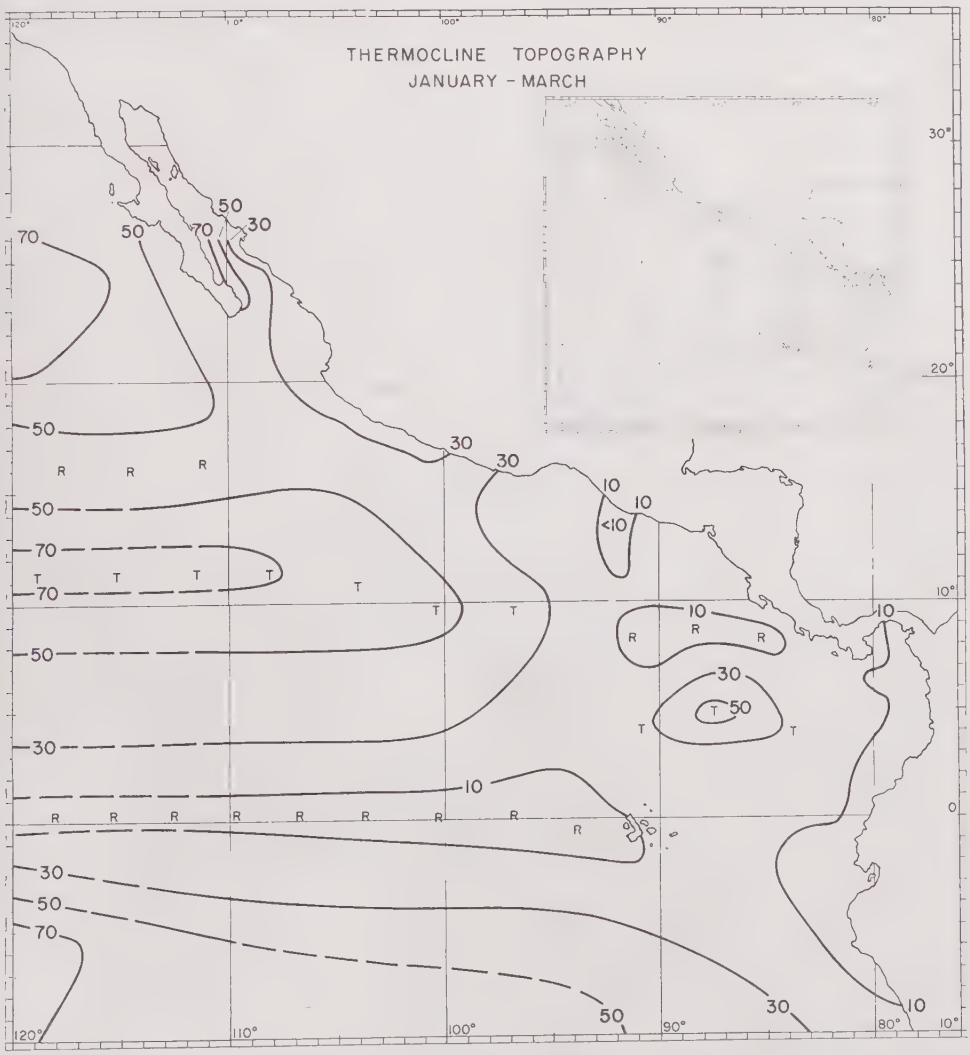

FIGURE 16. Thermocline topography during winter (January-March). Contours show depth to top of thermocline in meters.

Currents

Surface currents: The topography of the thermocline, as presented in the charts, gives information about the average current in the surface layer. According to theory, the flow is approximately along the contours, the thermocline sloping upward to the left of an observer facing downstream in the Northern Hemisphere (and upward to the right of an observer facing downstream in the Southern Hemisphere). Thus, for example, in both charts of thermocline topography (Figs. 15 and 16) the thermal dome off Costa Rica is associated with an east current to the south of it, and a west current to the north. To check this conclusion a current chart for winter (February) was constructed using the data given in the U.S. Navy Hydrographic Office Publication 570 (Fig. 18). The currents are found to exist as indicated by the thermocline charts.

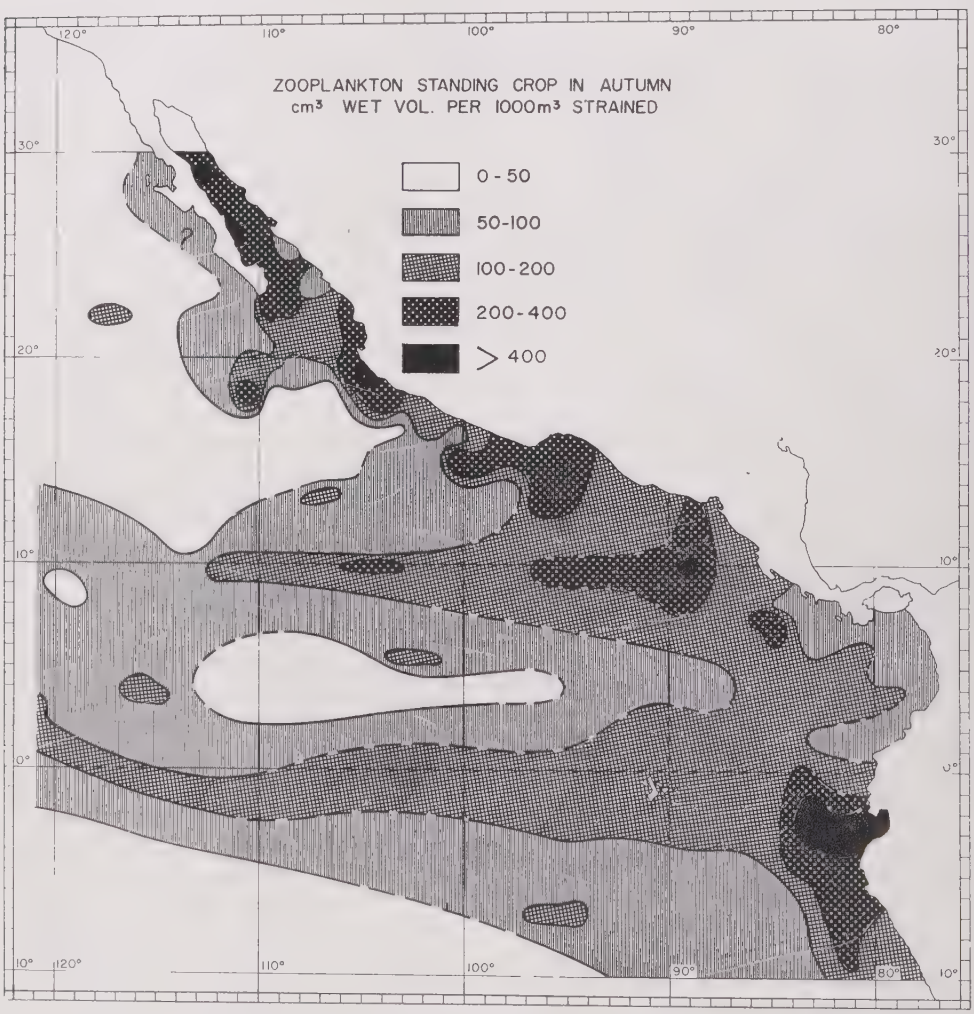

FIGURE 17. Zooplankton standing crops during fall (some summer values included south of 4°S latitude).

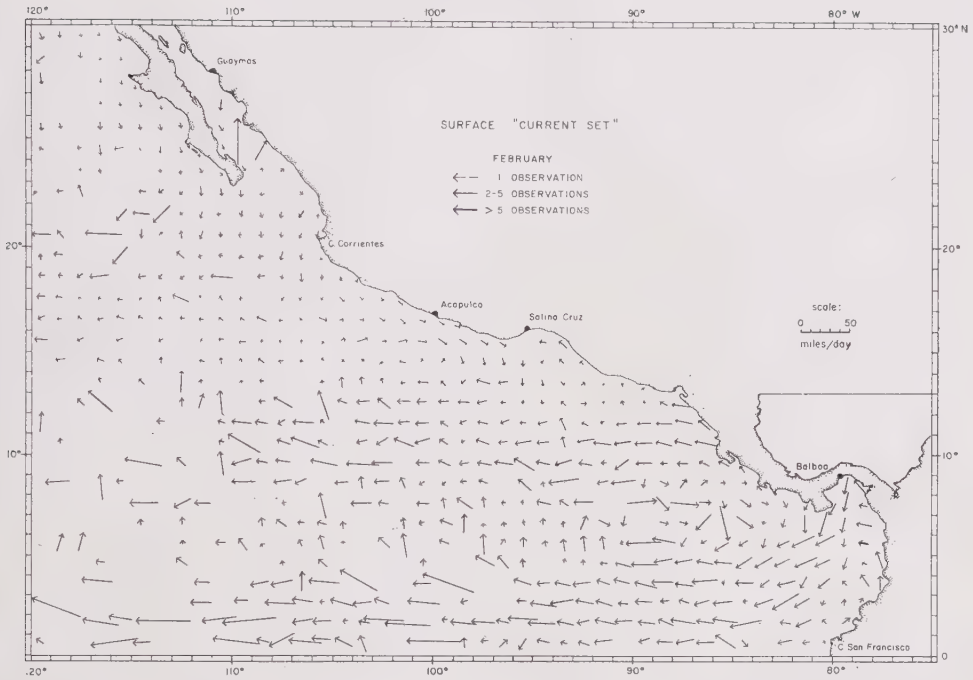

FIGURE 18. Chart of average surface current during February. Vectors show mean direction and velocity in each degree-square.

The thermocline topography chart for winter indicates that there is either no Countercurrent or that this current is very weak over much of the Eastern Tropical Pacific at this time. This conclusion is supported by the current chart, where the Countercurrent exists only in a short segment south of the thermal dome. These findings about the surface current in the Eastern Tropical Pacific have emphasized the need for a series of current charts in convenient form for use in our further studies. Therefore, work has been started on a series of monthly current charts of the region, to be completed during the coming year.

Subsurface currents: There is very little knowledge of subsurface currents in the Eastern Tropical Pacific, or in any ocean region for that matter, and yet the subsurface flow may be of considerable importance to the biological production. One method of studying this flow is the method of "isentropic analysis." This involves picturing the distribution of properties on surfaces of constant potential density, where tongues will indicate the axes of flow. Analyses of station data from *Eastropic* and *Scope* expeditions have been completed, and values read for the construction of some 32 isentropic charts. Drawing of the charts has just begun.

There is some knowledge of a strong subsurface current directed east along the equator (the Equatorial Undercurrent). Analyses of *Eastropic* data collected in connection with this current have revealed it to terminate somewhere near the Galapagos Islands. A paper reporting these results is about three-quarters complete. The connection, if any, between this current and organic production is not known. A more detailed study of this current will be made by the Scripps Institution in the spring of 1958 as part of the program of the International Geophysical Year.

Plankton indicator species

In order to further our understanding of the relationship of the tunas and their food supply to the oceanic circulation of the Eastern Pacific Ocean, a study was commenced in late 1956 to examine the possibilities of employing plankton organisms as biological indicators of different oceanic environments, and at the same time, to describe in detail the zooplankton communities of our area of interest. After a fairly extensive search of the literature for results of previous work of this nature in marine fishery investigations, two groups of animals were selected for particular study. These are the Euphausid shrimps and the arrow worms (Chaetognatha), both groups of which contain species of known indicator value.

As in the case of larval tuna, identification of the many forms of Chaetognaths and Euphausids presents the greatest problem. Therefore, to simplify the task, a type collection was assembled with the assistance of researchers specializing in the study of these organisms at Scripps Institution of Oceanography and the U.S. Fish and Wildlife Service unit in Hawaii. Additionally, a working key was formulated to aid in the accurate and rapid identification of Chaetognath species of the Eastern Pacific region. This key is now being prepared for publication because of its general value.

The zooplankton in a number of representative collections from the *Eastropic* expedition of 1955 have been identified to major groups, and to the species in the case of indicator forms, and enumerated. These preliminary data are now being evaluated and appear promising.

"Scope" data compilation and analyses

The "Scripps Cooperative Oceanic Productivity Expedition" *(Scope)*, which was described briefly in the 1956 Annual Report, obtained, in the fall of 1956, a very great deal of data on the geographical variations in primary production, and in standing crops of phytoplankton and zooplankton organisms, and on associated physical and chemical factors, in the oceanic area between Baja California and Panama. Detailed observations were also made to elucidate physical, chemical, and biological phenomena in the vicinity of the Costa Rican thermal dome.

During 1957, the observational data from *Scope* were processed, compiled, and prepared as a data report for publication in the Special Scientific Report series of the U.S. Fish and Wildlife Service. In this report have also been included some preliminary analyses of the data on productivity and standing crops of organisms at the base of the food chain, by personnel of our staff and scientists of the Scripps Institution.

Analysis of the *Scope* data is continuing, primarily by Scripps scientists, but also by our staff, and will be reported in several future publications.

Planning for "Scot" expedition

Measurements of productivity, phytoplankton and zooplankton standing crops, and other biological phenomena, in relation to physical and chemical factors, have been surveyed in the Tropical Eastern Pacific during the fall months on *Eastropic* and *Scope* cruises. In order to obtain comparative measurements at the opposite season of the year, a general survey expedition during May and June 1958 is to be undertaken cooperatively by our staff members and scientists of the Scripps Institution working under contract with the U.S. Fish and Wildlife Service. This cruise, "Scripps Coopera-

tive Oceanography and Tuna Expedition" *(Scot)*, will cover the same area as *Scope*, but will also work further offshore in the vicinity of the northern boundary of the Equatorial Countercurrent, near 10° N latitude.

During the latter part of this cruise, we plan also to make an extensive series of plankton hauls for tuna larvae in the area off Mexico, between the Gulf of Tehuantepec and the Tres Marias Islands, which, from the results of tuna gonad examinations, seems to be a spawning center for yellowfin tuna at this time of year.

We also plan to investigate, particularly in the region near the Tres Marias Islands and near the tip of Baja California, where such features are prevalent, the detailed structure of oceanographic "fronts." These fronts are believed to constitute an important mechanism for concentrating food organisms, and so leading to aggregations of tunas. (See below under Island Current Survey.)

Island Current Survey

It is well known, from the observations of fishermen and scientists, that the tropical tunas are found in the vicinity of offshore islands in greater abundance than in the adjacent open sea. It has been hypothesized that the island modifies the vertical circulation, leading to the bringing of nutrients from deeper waters into the surface layer, and thus giving rise to increased crops of food organisms. In order to examine this in the case of one typical offshore island where large tuna catches are made, the Commission's staff undertook from 8 May to 12 June, 1957 and expedition to Clarion Island, in the Revilla Gigedo group, with the Scripps research vessel *Spencer F. Baird*.

The Clarion Island survey covered a pattern of 16 outlying stations to describe oceanic conditions, and 20 close-in stations, extending in some instances right up to the island, in order not to miss any extremely localized conditions (Figure 19). Detailed measurements were made of the horizontal and vertical distributions of temperature, salinity, oxygen, inorganic phosphate, nitrate, alkalinity, and pH, with simultaneous observations of the standing crops of zooplankton and phytoplankton, submarine light, and rate of carbon fixation using C^{14} techniques. Studies were also made of surface currents by GEK and drogues.

Preliminary analyses of the data at sea did not reveal any detectable effect of the island's presence, even in the surf zone. The surface water was of uniform temperature, and surface layer nutrient concentrations were similarly uniform. Phytoplankton concentrations did not increase in the vicinity of the island. Zooplankton yield was typically low for the region and uniformly low into the shallow environs of the island. Surface currents around the island were essentially random. Subsequent studies of the data ashore, albeit preliminary, tend to confirm these initial indications that the island had no effect on the quantities measured. Yet, at the time of the expedition, tuna clippers were experiencing excellent catches of yellowfin and skipjack around Clarion Island.

Although it is premature to draw conclusions, we are still inclined to believe that food is the major attractant of Clarion Island and that, in this particular area at least, the production of food may by-pass partially or entirely the usual sequence of surface layer enrichment with subsequent increase in plankton and, finally, forage for the tunas. It appears reasonable to postulate that the food available to the tunas may be

dependent, perhaps to a significant extent, on the contributions of benthic plants on the island substrate to the food chain, and that this mechanism, coupled with the usual oceanic production, may create around Clarion Island a gradient of food for tunas higher than that of the surrounding areas, to which the tunas are then attracted. We cannot entirely rule out, however, the possibility that yellowfin and skipjack may be associated with land because of other stimuli.

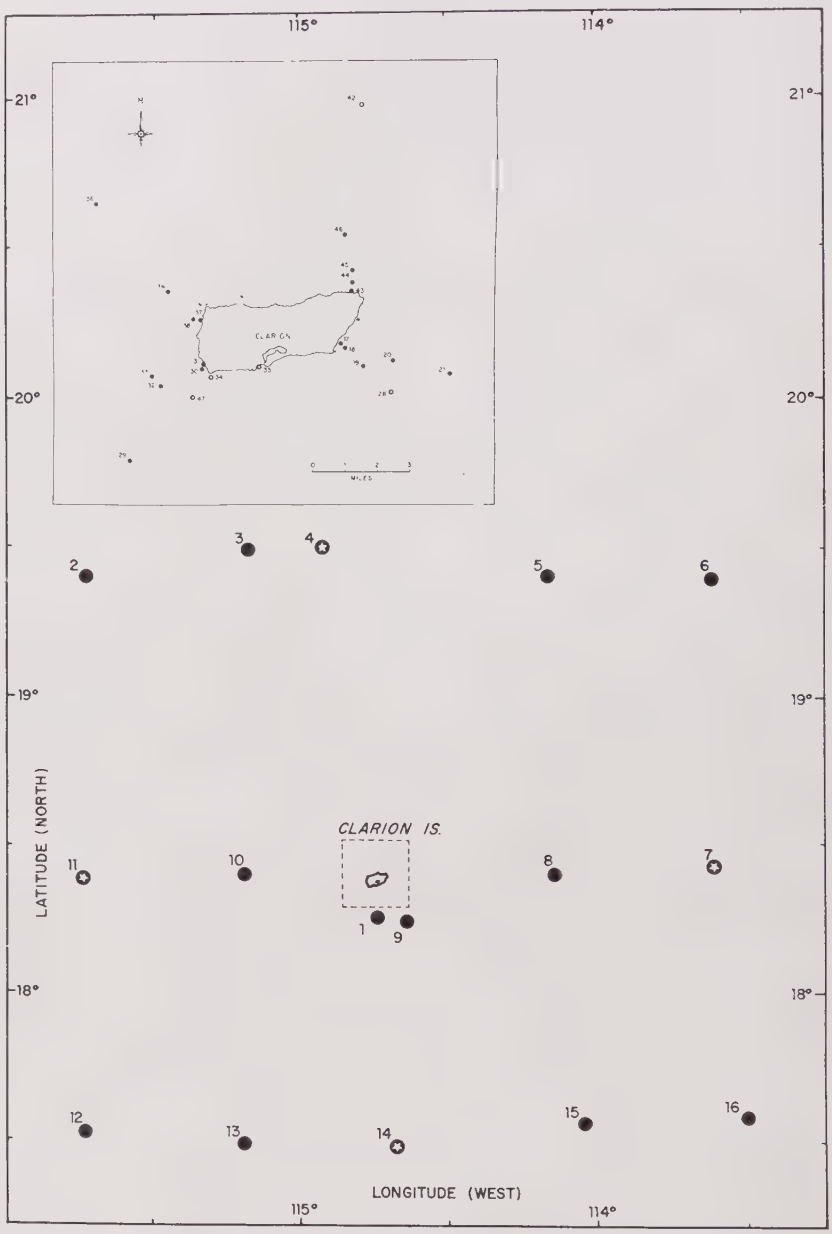

FIGURE 19. Station positions of the "Island Current Survey." Inset chart shows stations occupied within the square demarked by broken lines on the main chart.

During the course of the expedition, also, a few days were spent surveying a newly reported "15 fathom bank," located approximately 180 miles southwest of Clarion Island, at 16°52′ N lat., 117°30′ W long. This bank is actually the top of a seamount which rises from a floor 2000 fathoms deep and encompasses about a mile-square area of less than 60 fathoms. The amount of marine life associated with the bank was quite impressive, and the possible potential of the area as a tuna fishing ground is indicated by its contribution exceeding 600 tons to the few vessels which have visited the area thus far in 1957.

One result of the Island Current Survey has indicated the possible importance, as a biological concentrating mechanism, of "transitions" or "fronts." During the survey, an abrupt temperature change was encountered near 25° N. Zooplankton hauls were made at five miles' distance on each side of this temperature change and a third haul was made immediately in the temperature change. The abundance of zooplankton in the transition was four times that in the cold water lying to the north and twice that in the warm water to the south. During *Scot* expedition this coming spring, time will be devoted to detailed physical, chemical and biological measurements in the vicinity of transitions, to determine their effectiveness in concentrating biological populations.

Investigations of chemical constituents associated with biological phenomena

Observations from a number of expeditions are being used in studies of dissolved chemical constituents related to biological production and decay. In the Eastern Tropical Pacific, the biological production is relatively high, particularly along the Central American and Peruvian coasts. Recent expeditions by the Scripps Institution and the Commission have concentrated efforts in the highly productive area off Central America, in order to understand the physical-chemical conditions associated with the biological cycle in this important tuna fishing region. A striking feature immediately related to the production is the low oxygen content, sometimes nil, below the thermocline. This feature is found off the American coast extending toward the west like a wedge. One would expect manifestations of this extreme condition, found in no other oceanic region, in the concentration of nutrients and perhaps in modification of the usual decay processes. Therefore, measurements of nitrite, nitrate, pH, alkalinity and dissolved oxygen have been made. These measurments have revealed the effects of biota in several ways.

In the low-oxygen water a nitrite maximum is always found in or near the oxygen minimum layer (200-400 m), when the nitrate content is moderately high. This suggests the hypothesis that this deep nitrite maximum results from the reduction of nitrate. Besides the deep maximum, a second nitrite maximum, probably due to oxidation of ammonia, is generally found associated with the thermocline.

Measurements of alkalinity and pH allow the computation of carbon dioxide concentration, relatively high in this region. The distribution of carbon dioxide is being studied in connection with the decay of organisms. A paper presenting these data concerned with organic production and decay together with tentative conclusions is in preparation.

Time-series observations

As a necessary basis for investigating the relationships between temporal variations in oceanographic factors and temporal variations in the abundance and avail-

ability to the fishery of the tunas, we need to obtain time-series of measurements of oceanographic parameters. The existing observations of sea temperature, sea level, and meteorological phenomena at shore stations, which are collected by various agencies, are of value in this regard, as are also the observations collected by merchant ships, which are gathered by the Weather Bureau and the U.S. Hydrographic Office. In our region of the Pacific, however, these data are sparse, and inadequate. We are, therefore, attempting to obtain additional time-series measurements of oceanographic factors in other ways.

One means of doing this is the collection of observations made by commercial tuna-fishing vessels. Many captains in the fleet log routinely the sea-surface temperature, and we are plotting these data on monthly charts. In order to obtain more and better data of this sort, we are also installing on some vessels recording thermographs; so far nine vessels have been so equipped. From them we have obtained records from 20 cruises extending from San Diego as far south as Chile.

An attempt has been made, also, to obtain bathythermograph observations from tuna boats. The bathythermographs observations require, however, more time and attention than the commercial fisherman, who is primarily interested in making a living, can be expected to devote. Therefore, attempts to obtain large amounts of data by the bathythermograph have been abandoned. The equipment has been, and will continue to be, installed for individual cruises accompanied by Commission tagging teams, when it is possible for the Commission staff members to obtain some data by this means.

In order to obtain time-series of physical data from fixed locations in areas of particular interest to us, we are working toward the establishment of instrumentation on outlying islands and at suitable coastal points. A sea level and temperature recorder furnished by us has been established on Socorro Island by a cooperative arrangement between Scripps Institution and an agency of the University of Mexico. We have furnished some equipment for the island stations in the Galapagos being established during the International Geophysical Year. We have established temperature recorders at Zorritos and Mancora in Peru, and hope to effect other installations in cooperation with the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru.

Recording buoys, under development at the Scripps Institution, will be able to obtain time-series data in outlying areas, independent of islands. Prospects are good for buoys, capable of measuring temperatures at several depths, being operational during the coming year.

An instrument which we feel is capable of taking, unattended, temperature data over long periods of time is the long-term temperature recorder, developed by the Woods Hole Oceanographic Institution. One of these instruments were obtained during the year, but tests conducted at La Jolla revealed minor defects in design. An instrument in which these defects have been corrected is being constructed by the Pruitt Manufacturing Company for use by the Commission. The delivery date is February 1, 1958; after initial tests in local waters are repeated, we expect to employ instruments of this type in collecting data.

Progress is being made in analyzing certain time-series data that already exist, and these analyses, it is hoped, will aid us in designing and locating future installations to obtain data in its most useful form. One object of the present study, under the direction of Professor Munk of the Scripps Institution, is to determine the distribution of energy involved in oscillations of sea level and associated meteorological and oceanographic variables of frequencies less than one day. The method involves extensive numerical reduction of the data, and calculations will be made using electronic computers. The result will be knowledge of what might be called "weather" in the ocean, i.e., variations of the order of 1-30 days, as opposed to seasonal or longer term variations. Initially 50 years of sea level and wind data from Balboa, Panama, will be analyzed, along with data from other stations in the tropics.

Relationship of meteorology and oceanography in the Eastern Pacific

The Department of Meteorology at the University of California at Los Angeles has been contracted by the Commission to study the meteorology of the Eastern Tropical Pacific with particular emphasis, at first, on the meteorological situations considered important to "El Niño." Work started June 1 of this year.

To date literature on the subject of "El Niño" has been surveyed, and it appears that there is yet no adequate explanation of the "El Niño" phenomenon. It is felt by the workers at U.C.L.A. that the overall pressure distribution in the Southeastern Pacific may be a related and perhaps governing feature. Thus, pressure profiles for years during which "El Niño" occurred, and years during which it did not occur, are being constructed and compared. Inadequate data from the southern ocean is making this task a difficult one, but it is felt that, at least, the state of real knowledge of this matter can be established, poor hypotheses rejected, and reasonable hypotheses set up for future testing.

8. Investigations of the biology, ecology and life history of bait fishes

The bait fish used to capture tunas in the Tropical Eastern Pacific consist predominantly of five species: anchoveta, California sardine, Galapagos sardine, northern anchovy, and southern anchovy (Table 3). Of these, the California sardine and the two species of anchovies are being utilized by other fisheries in far larger quantities than by the tuna fishery, and these species are receiving the attention of other research organizations. While the Galapagos sardine is used only by the tuna fishery, as is the anchoveta, the quantities caught are small in relation to those of the latter, which is the most important bait used by the tuna fishermen. The anchoveta appears to be the only species which is likely to be appreciably affected by the tuna fishery, therefore, our investigations continue to be concentrated on it.

Until 1956, investigations were directed primarily to studies of population structure, age, rate of growth and spawning of the anchoveta in each of the important baiting areas for this species between Mexico and the Gulf of Guayaquil. While these studies are continuing, considerable attention is now devoted to the early life history and ecology of this species.

Racial characters, age, rate of growth and spawning of the anchoveta populations of the major baiting localities are studied from the examination of collections made

by tuna fishermen and by our staff, the latter mainly by personnel at the field laboratories in Panama and Costa Rica. Data for the work on early life history and ecology are obtained at the field laboratories. The laboratory in Costa Rica also continues to evaluate the results of the transplant of anchovetas from the Gulf of Panama to the Gulf of Nicoya in October, 1953.

Four years ago, a study of specimens of anchovetas from six major baiting areas (Almejas, Guaymas, Ahome Point, Gulf of Fonseca, Gulf of Panama and Gulf of Guayaquil) showed distinct differences in several meristic characters, indicating that there is little or no interchange of anchovetas among these areas. During the past year, an additional study was made, adding new localities for which collections had become available, and using additional meristic and morphometric characters. Purposes of this second investigation of racial characters were to supplement and verify the results of the earlier work, to determine whether differences found between populations of different areas persist from year to year, and to learn whether the fish in the areas for which collections were not previously available also have discrete populations of anchovetas. The new areas included were San Felipe at the head of the Gulf of California, Banderas Bay and the Gulf of Tehuantepec on the Mexican coast, Gulf of Nicoya, Montijo Bay in Panama, and Soldado Point on the coast of Colombia. Results of the second investigation are in agreement with the earlier work. The great range of variation between localities in some of the racial characters, as well as the fact that differences between localities persisted from year to year, provides further evidence that there is little or no mixing of anchoveta populations between various localities along the coasts of Mexico, Central America, Colombia and Ecuador.

In addition to these racial investigations, a further contribution in this field was made by a German biologist while on a fellowship at Scripps Institution of Oceanography in 1956. He investigated the anatomy of the intestine of several species of anchovies, and found that it is a useful character in identifying systematic groups and for demonstrating differences among the same species from different regions. In particular, he found that there were significant differences in intestinal length among anchovetas from the Gulf of Panama, the Gulf of Fonseca, and Almejas Bay. Results of this study will be published in our *Bulletin* early in 1958.

Since 1951, the Commission has obtained, through the cooperation of the tuna fleet, collections of bait fishes from the many baiting areas of the Eastern Pacific. Samples of anchovetas are supplemented by collections by the staff. The collections of anchovetas have been examined in detail to obtain information on the age, rate of growth, sexual maturity and spawning of the several populations. Samples of sardines and anchovies are given to the United States Fish and Wildlife Service which is conducting investigations on the California sardine and the northern anchovy. Some of the samples of the less important species are retained for future examination.

For the most important baiting areas for the anchoveta, adequate samples have been accumulated to make possible the determination of age and rate of growth by following the progression of modal groups in length frequency distributions. Gross examination of gonads, and measurements of ovarian eggs, have revealed when each of the several populations spawn.

In the 1955 Annual Report there was included a figure showing an estimate of the growth rate of the anchoveta in the Gulf of Panama. Studies of material from this region show that the anchoveta grows rapidly and is a short-lived species. Although there is little variation from year to year, it attains a length of about 125 mm. at the end of its first year of life, 145 mm. at the completion of two years, and about 160 mm. after three years of life. Few if any fish live beyond three years. Estimates of the relative abundance of the three age groups indicate that, on the average, the population consist of over 90 per cent fish in their first year and less than 10 per cent in their second year. The percentage of fish in their third year of life is small, probably less than one per cent.

Studies of collections from other important baiting areas show that growth rates are almost identical to those in Panama, and that these populations are probably not composed of more than three age groups. Similarly, fish in their first year are dominant in all regions, but fish in their second and third year are more prevalent in some areas, such as Guaymas, than in Panama.

The anchoveta population spawns annually in the Gulf of Panama. Reproduction begins in October and ends in the following January. Although the peak of activity is in November and December each year, there is some variation from year to year in the intensity of spawning in October and January. Anchovetas reproduce for the first time when they reach one year of age, and each female apparently produces only one batch of eggs during the spawning period. While fish two years old or more appear to reach sexual maturity a little in advance of the young age group, the latter may finish spawning somewhat earlier.

In the other areas studied the reproductive pattern is similar, except that there are notable differences in the time of spawning and its duration each year. For example, at Guaymas and at Ahome Point spawning occurs from July to October, while in the Gulf of Fonseca the period is at least from August to March. The few collections of adult specimens examined indicate that the anchovetas inhabiting the coast of Colombia probably spawn at about the same time as those in Panama.

An intense investigation of the early life history of the anchoveta of the Gulf of Panama was initiated in October 1956. A necessary prerequisite to the delineation of spawning areas, measurement of success of spawning in relation to changes in environment, and other studies of the early life of the anchoveta is the identification of the eggs and larvae. Identification of the latter is not a simple problem because numerous other closely related species of anchovies and herrings inhabit the same waters as the anchoveta. The egg was identified from the material collected during the 1956 spawning season, and a large number of collections of larval anchovies were also obtained. Studies during the 1957 spawning period, which are underway at this time, are directed primarily towards the identification of the larval stages of the anchoveta, and the determination of the exact areas where the anchovetas spawn in the Gulf.

The egg of the anchoveta was positively identified by its predominance in the plankton net hauls during the spawning period of this species, and by comparison of pelagic eggs with ovarian eggs of sexually maturing individuals. In the course of separating out the anchoveta egg, which is oval in shape, from those of other species

of anchovies with eggs of the same shape, measurements were taken of length and breadth of many thousands of eggs. Probability paper was used to separate the modes in length frequency distributions. Besides the dominant mode which was attributed to the egg of the anchoveta, 12 or 13 other modes were identified, which indicates that many other species of anchovies spawn during the same period as the anchoveta. However, the numbers of these eggs were small in comparison with those of the anchoveta.

The egg identified as belonging to the anchoveta was found in the plankton hauls from October 1956 through January 1957. Although it was not found from February through September 1957, which corresponds to the period when the gonads of the anchoveta are sexually immature, eggs of many other species of anchovies were present in the plankton during these months.

Spawning of the anchoveta occurs between 0100 and 0400 hours. Hatching of the eggs is rapid. The blastophore closure is completed by 1200 hours and hatching begins at 2200 hours. Planktonic eggs were hatched in the laboratory to confirm these observations. Some of the larvae hatched from these eggs were maintained alive for 96 hours. Growth was rapid for the first twelve hours, when a good supply of yolk was present, but thereafter it declined rapidly and ceased when the yolk reserve was exhausted after between 36 and 48 hours. From the time of yolk-sac absorption to 96 hours, the average length did not increase appreciably, although marked morphological changes occurred. This material should be of assistance in identifying early larval stages in plankton collections.

Identification and description of the larval stages of the anchoveta from the time of hatching to about 25 mm. has not yet been accomplished, because effort has been centered on the egg. The larval studies are now receiving more attention. Adequate collections of larval anchovies are available for this work, and it is expected that good progress will be made during the next year.

Throughout the 1956-57 spawning season (October - January) the region from the Panama Canal entrance to Punta Mangle, some 40 miles to the southwest, was extensively and intensively surveyed for both eggs and larvae. This area was studied as a pilot investigation, the results of which are being applied to the entire Gulf during the 1957-58 season in order to determine precisely areas of spawning and distribution of the larvae and juveniles.

The anchovetas spawn in waters which are generally 5 fathoms or less in depth and within 5 miles from shore; there seems to be more activity in the vicinity of river mouths. Subsequent dispersion of the eggs due to effects of tide and current results in their being found to a distance of at least eight miles offshore some hours after spawning.

During the 1956-57 season, eggs were taken in plankton net hauls, usually along most of the coast between the Canal entrance and Punta Mangle. Many thousands of eggs were frequently taken in a single 15 minute haul with a half meter net towed at 3 to 4 knots. Figure 20 shows a typical survey for eggs starting at 0800 on November 14, 1956 a little to the west of Panama City and ending at 2030 the same day in the vicinity of the mouth of Rio Chepo, some 22 miles away. The numbers show successive

locations where 15 minute tows were taken using a half meter net. The solid circles indicate the numbers of anchovy eggs captured per mile. In this particular survey, between 90 and 95 per cent of the eggs captured were those of the anchoveta. Some of the 15 minute net-tows resulted in catches of hundreds of thousands of eggs.

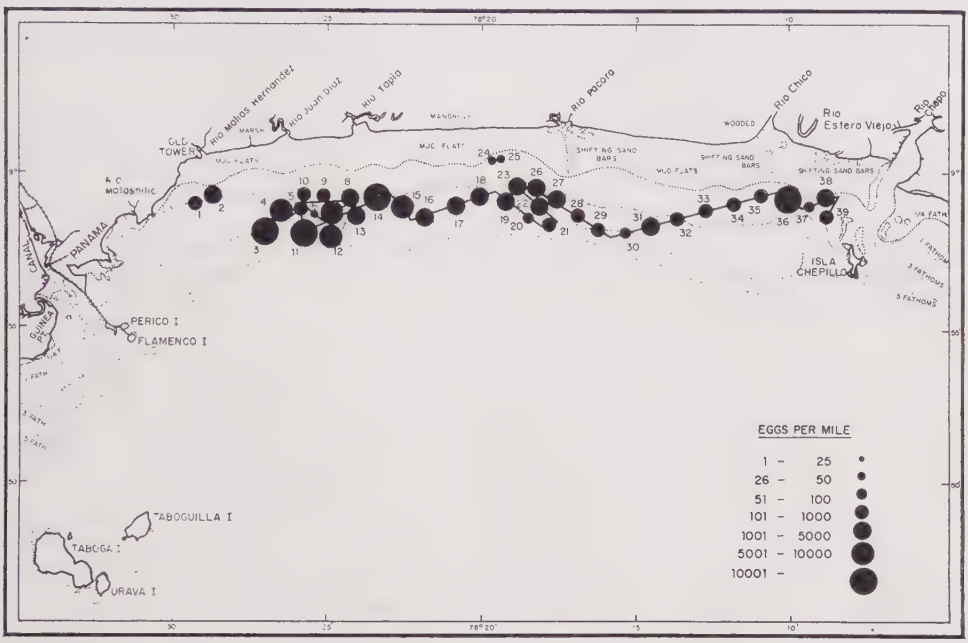

FIGURE 20. Survey of anchoveta eggs in a portion of the Gulf of Panama, 14 November 1956. Numbers indicate serial order of plankton tows.

Plankton nets are not very effective in catching larval anchovies. Either they dodge the net opening or they swim well below the surface, where it is impossible to tow a plankton net in shallow water because it usually fouls on the bottom. Success was obtained in catching large quantities of larval anchovies, predominantly anchovetas if the predominance of anchoveta eggs is an index to their abundance, with a standard otter trawl. Fine mesh nylon netting with apertures of 1 mm. was placed in the cod end of the trawl. This method was discovered after futile efforts were made to catch sufficient numbers of larvae with various types of plankton nets.

Larval anchovies of less than about 25 mm. were found in the shallow waters, generally in the same regions the eggs were taken. Juvenile fish above that size move away from the shore and occur in large schools in the clear, open water. Collections of juvenile anchovetas of the larger sizes, which are easily identified, were made with a cast net.

Investigations in the Gulf of Panama

In May, 1957 new quarters were obtained for our staff in Panama at the University of Panama. The facilities at Taboga Island are being retained as a field station for special work that cannot be done at the University.

Personnel at the field laboratory in Panama, in collaboration with the staff at headquarters, are continuing investigations of the life history of the anchoveta, and the effects of variations in the hydrography upon the abundance of this species.

During the year studies of the age, rate of growth and spawning of the adult anchovetas were completed, and an intensive investigation of the early life history of the species is now underway. These features of the investigation have been discussed above.

For the third successive year a large tagging experiment was conducted in an effort to determine migrations of anchovetas in the Gulf, and as a possible basis for measuring the rate of exploitation of the population by the fishery. These experiments have not been successful. In 1955, 13,000 anchovetas were marked and only a single recovery was made. During 1956, 42,400 fish were tagged from which ten tagged fish were later captured. This year 23,500 tagged fish were released and no recoveries have been made.

A plastic toggle tag was used for all experiments. Its low recovery must be attributed to one or all of the following factors: (1) A high tagging and handling mortality; (2) a high shedding rate; (3) a very low fishing intensity; (4) low visibility of tagged fish in the live-wells of the fishing vessels. Holding experiments, whereby tagged and untagged fish are held in live-boxes, indicate that the tagged fish suffer a 50 per cent initial morality as a result of the tagging operation. Due to a series of unfortunate accidents, none of the holding experiments has yet been brought to a proper conclusion and we do not, therefore, have a good measure of the rate of shedding of the toggle tag, except that it is known to be high, perhaps of the order of 30 per cent. Tags are lost from the fish because the nylon monofilament, which holds the metal toggle and plastic tab on the fish, cuts through the flesh. Further experiments are being postponed until the present tag is improved or a suitable substitute is developed.

Anchovetas inhabit areas along the coast of Colombia to the south of the Gulf of Panama, and also Montijo Bay which is to the northwest. Comparison of meristic and morphometric characters of specimens from these regions suggests that there is not free inter-change of anchovetas among these localities, but this does not preclude the possibility of partial inter-mixing of the populations. It is reasonable to conclude that the stocks are discrete units at least during their adult stages, when they live exclusively in shallow, turbid, inshore waters, because great distances without suitable habitat separate them. However, during the early part of each year, from January through March, the entering year class in the Gulf of Panama is found in the deep, offshore waters, where they are easily seen in large, compact schools. Sometime in April, they move inshore where they remain for the rest of their lives. If spawning occurs at approximately the same time along the coast of Colombia and in Montijo Bay, it is possible that these populations may intermingle on their fringes if they range great distances during the early months of life. This could result in some interchange among these populations.

It was planned to make scouting surveys along the coast from Panama to Buenaventura and to Montijo Bay in February when the young anchovetas occur in the

greatest abundance in the offshore water of the Gulf of Panama. Unfortunately, because unexpected repairs had to be made on our research launch, trips to both regions had to be delayed until latter part of March and early April. By this time, very large schools of anchovetas remained in the open waters of the Gulf of Panama, and none were seen in the other regions. However, a number of collections were made of anchovetas in their first year and of those in their second year or more using a cast net and a shrimp trawl in inshore waters of the Colombian coast between 4°40′ and 5°20′ N latitude. Attempts to obtain anchovetas in Montijo Bay were unsuccessful.

While the survey of Colombian waters as far as Buenaventura did not contribute to our knowledge of whether the anchovetas there and those in the Gulf of Panama are associated with each other, the collections proved to be useful. Fish of two age groups were represented in the collections: those in their first year of life ranging from 75 to 110 mm. in length, and fish of 125 to 155 mm. which were in their second year or more. Collections taken in Panama at the same time included two size groups which measured 60 to 105 and 135 to 160 mm. respectively. Ovaries of the females of the larger group of Colombian fish were either spent or in the resting condition, as were those of the larger Panama fish. The comparable lengths of the entering age group, and similar condition of the gonads of the older fish indicate that spawning occurs in both regions at approximately the same time.

Investigation of the effect of seasonal upwelling, which results from greatly increased northerly winds during the period from about November to April, began in December 1954 and are being continued. At a fixed station 10 miles southeast of Taboga Island biweekly observations are taken to measure the vertical distribution of temperature, salinity, oxygen and phosphate. Quantitative net hauls are made to measure standing crops of phytoplankton and zooplankton; water samples are taken for the enumeration of species of phytoplankton and the carbon 14 technique is used to determine rate of primary production. Continuous records of sea surface temperature are obtained from a thermograph installed at Taboga Island, and three surveys are made of the Gulf during the year to measure the seasonal variation in vertical temperature distribution. Additional hydrographic data and certain meteorological observations are made available by the Panama Canal Company. These include the monthly mean sea level, daily mean sea surface temperatures at Balboa, and daily wind velocities according to direction. Sea level and temperature readings are from Balboa, while wind velocity data are from Balboa and Cristobal. The Panama Canal Company's records extend back for 50 years.

A figure was given in the 1956 Annual Report to illustrate some of the physical and chemical phenomena associated with upwelling, as determined from observations at the fixed station referred to above and from data of the Panama Canal Company. The stress of the offshore northerly winds, which blow strongly during the winter months, transports the warm surface water of low salinity out of the Gulf. It is replaced by colder water of higher salinity, originating from intermediate depths offshore. This upwelled water is rich in phosphate and other nutrients, and leads to a large increase in the standing crops of phytoplankton and zooplankton, which support the anchovetas and other fishes in the Gulf of Panama.

Since the amount of upwelling is variable from year to year, with consequent possible effects on the fish populations, it is of interest to investigate the variations in factors associated with upwelling (wind, sea level, sea surface temperature) which have been regularly measured by the Panama Canal Company since 1908. An analysis of these long series of physical data was made during 1957 to investigate (1) The correlations between the different measurements (2) The existence of long-term trends, and (3) The possible existence of cycles, which might be of forecasting value. The principle results of this study were to demonstrate that there is a very high correlation among monthly values of northerly wind, sea level, and sea temperature, averaged over the whole series. Annual anomalies of these variables during the "upwelling" months (January to April) are also correlated, but not to such a high degree. There is apparent a long term upward trend in mean sea temperature and mean sea level, for these months, associated with lessened northerly winds, indicating, in consequence, lessened upwelling in recent years compared with earlier years of the series. Superimposed, however, are large oscillations essentially random in nature. There is slight evidence of a cyclic variation of a period of about 6.5 years in the sea temperature, but this component, if indeed it exists, is so small in relation to the random variation that it is of no practical forecasting value. A paper on this study has been completed for publication.

Investigations in the Gulf of Nicoya

Investigations previously initiated in the Gulf of Nicoya were continued during 1957 from the field laboratory at Puntarenas. Studies are directed towards: (1) Evaluation of the 1953 transplantation experiment undertaken to rehabilitate the population of anchoveta; (2) Elucidation of the life history and ecology of the anchoveta and other species useful as tuna bait, in particular the thread herring (*Opisthonema libertate*); and (3) Collection of hydrographic data for the purpose of measuring variations in the environment from season to season and year to year.

The population of anchovetas in the Gulf remains at a very low level; it is far below commercial value. Systematic search for anchovetas during the year indicates that the adults were even fewer in number than in previous years since the transplant was made. On the other hand, catches of juveniles (30 to 50 mm standard length), made chiefly in November and December, were markedly higher than in previous years. Although the continued presence of juveniles shows that the population is reproducing, it is necessary to report that no appreciable increase in the population is apparent.

This is the fourth consecutive year in which it has been observed that the capture of juvenile anchovetas increases markedly at the beginning of the dry season. Catches between December and February, are appreciably greater than in other months of the year. Although examination of the gonads of the adult fish suggests that some anchovetas spawn during most of the year, the regular peak in catches of juveniles between December and February indicates that reproduction is much more intense in the fall.

Routine surveys of the Gulf to obtain anchovy eggs and larvae now follow procedures developed at the Panama laboratory. It is hoped that the resulting material will eventually provide additional information on the time and areas of spawning within the Gulf.

Although there are numerous species of anchovies and herrings in the Gulf, in addition to the anchoveta, and many of them are far more abundant than the anchoveta, few seem to be potentially valuable for tuna bait. The thread herring, however, of which there exists a rather large population, is caught in considerable quantities for bait in other regions, particularly off the coast of Mexico. Since it is a useful substitute when more desirable species are not readily available, this year we have intensified our studies of the age, growth and spawning of this species in the Gulf. Information on age and growth is obtained by studying the progression of modes in monthly length frequency distributions. Gross examination of ovaries and measurements of ovarian eggs are providing information on the period of spawning, as are the catches of juveniles. Apparently the thread herring population spawns during all months, but we still have insufficient data to tell whether or not there are peaks in reproduction during the year.

To provide a basis for elucidating the hydrographic regime in the Gulf, observations have been taken at regular intervals at a series of stations from the head of the Gulf to its entrance. Measurements of the vertical distribution of temperature and salinity have been made since 1952, and similar measurements of oxygen have been taken since the end of 1955. A continuous recording thermometer was installed on the Puntarenas pier in 1954, and measurements of surface salinity also have been made weekly at this location. Meteorological observations and river discharge data are obtained regularly from several stations in Costa Rica through the courtesy of the Government and other agencies. All these data are being analized to describe annual and seasonal variations in the regime of the Gulf, a knowledge of which is desirable for an understanding of the ecology and life history of the anchoveta and other species of anchovies and herrings inhabiting the Gulf.

Analysis of the above data is continuing, but it appears that the annual cycle of changes in temperature and salinity is closely related to that of solar radiation and precipitation. The upwelling phenomena, so important in the Gulf of Panama, are not evident in the Gulf of Nicoya. During the dry season (December to May), surface temperatures and salinities increase because of heating and evaporation associated with a general lack of cloud cover, and the vertical distribution of these properties tends toward homogeneity. During the rainy season (May through November) the increased precipitation and cloud cover reduce the salinity and temperature. Surface values for these properties reach a minimum in October or November, and the vertical gradients for both increase, at least in the upper 30 to 40 meters. Density of the water in the upper 30 to 40 meters changes cyclically with the seasonal variation in temperature and salinity.

The changes in temperature and salinity at the Puntarenas pier for the three year period from October 1954 to October 1957 are illustrated in Figure 21. Shown also are monthly rainfall totals at San Miguel de Barranca, located some 15 miles east of Puntarenas. This figure shows surface salinity measurements taken at weekly intervals, and the daily mean readings of the recording thermometer, the bulb of which is about 8 feet below mean low water, together with the monthly means of each. The effects of extreme rainfall are particularly apparent during October 1955 when 970 mm. were recorded. The heavy rainfall in this month was accompanied by a drop in surface

salinity to below $20^0/_{00}$ and a temperature of 76° F. In contrast, surface salinities reached $34^0/_{00}$ and temperature climbed to 86.5° F during the unusually dry conditions prevailing in 1957.

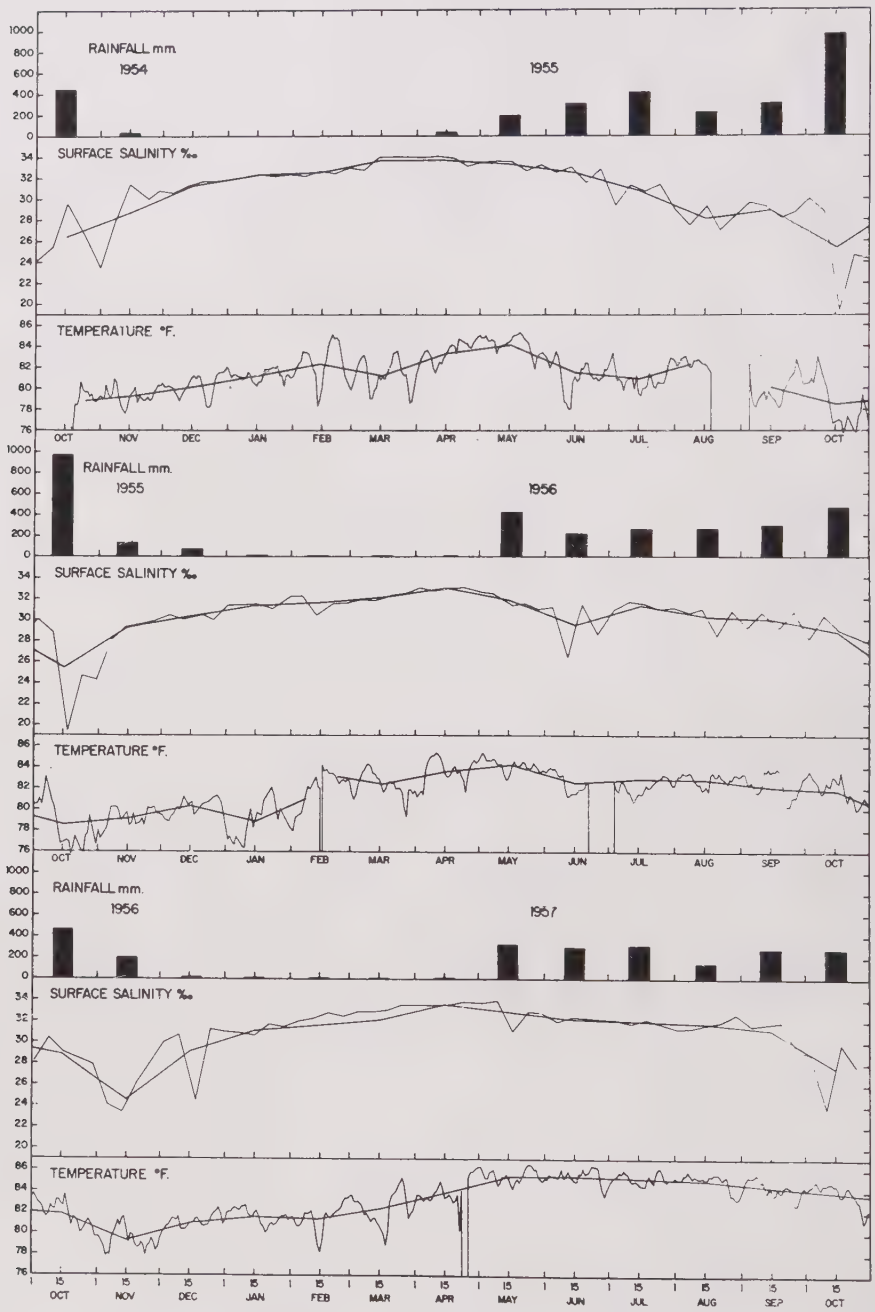

FIGURE 21. Salinity and temperature at Puntareanas pier, and rainfall at San Miguel de Barranca, 1954-1957.

Although we have not yet looked into the matter in detail, measurements of the crop of zooplankton do not appear to have any obvious relationship to the seasonal changes in the hydrographic regime. The volumes, however, vary with location. They tend to be highest at the head of the Gulf and to decrease toward the entrance. High volumes obtained at the head of the Gulf may result from a concentration of nutrients brought to this area by the Tempisque River.

Publications of research results

As noted in the Commissioners' report p. 13, there were completed for publication during the year three research reports for our *Bulletin* series.

The staff of the Commission also publishes in other journals. Two such contributions were published during the year:

14. Schaefer, M. B.

1957—Some consideration of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries. Journal Fisheries Research Board of Canada, Vol. 14, No. 5, pp. 669-681.

15. Schaefer, M. B.

1957—Utilization and conservation of the tuna resources of the Eastern Tropical Pacific. Transactions, 22nd North American Wildlife Conference, pp. 472-484.

APENDICE A

INFORME DE LAS INVESTIGACIONES DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1957

por

Milner B. Schaefer, Director de Investigaciones

Las investigaciones que deben efectuarse de conformidad con los propósitos de la Convención, están a cargo de un grupo de científicos internacionales contratados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Este personal opera, parte en los laboratorios principales situados en la Institución Scripps de Oceanografía, en La Jolla, California, y parte en los laboratorios localizados en San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; Panamá, República de Panamá, y también en una estación que temporalmente se ha instalado en Máncora, Perú. La investigación se continúa a lo largo de diversas líneas que son parte de un programa completo de trabajo para el estudio de la biología, la ecología y la dinámica de las poblaciones de los peces a que se refiere la Convención, a fin de determinar los efectos que producen tanto la pesca como los factores naturales independientes de la pesquería, en los indicados recursos marinos y en la producción comercial que éstos pueden mantener. Durante 1957 ha sido posible continuar avanzando sobre bases adecuadas en todas las ramas de estudio que la Comisión debe mantener en cumplimiento de sus deberes, estipulados por la Convención.

Hemos continuado, en la forma rutinaria establecida, la recolección, compilación y análisis de las estadísticas de pesca, de las informaciones de las bitácoras y de los datos relacionados con éstos, referentes a las operaciones de las flotas pesqueras y a sus resultados, todo lo cual nos proporciona las bases fundamentales para medir los cambios en los recursos de atún y de los peces de carnada, y los efectos que sobre ellos tiene la pesquería. Se continúa el estudio para mejorar los métodos de análisis e interpretación de esos datos. Una buena parte del esfuerzo de investigación se ha dedicado al problema a que debemos dar la más alta preferencia, ó sea, al de elucidar la estructura de la población y los movimientos migratorios de ambas especies de atún. Hemos seguido los estudios sobre los aspectos de la historia natural y hábitos del atún más importantes para el conocimiento de la dinámica de las poblaciones de ambas especies, estudios que necesitamos como base para dictar medidas eficientes de conservación. En estrecha cooperación con los científicos de la Institución Scripps de Oceanografía, los miembros de nuestro personal han continuado investigaciones sobre la oceanografía física, química y biológica del Pacífico Oriental, dando atención especial a las características y procesos relacionados con las variaciones temporales y geográficas en la abundancia y distribución de las poblaciones de atún.

El estudio sobre las especies de carnada sigue concentrado principalmente en la anchoveta tropical, a pesar de que se ha intensificado la atención en el arenque (*Opisthonema*) del Golfo de Nicoya. La anchoveta (*Cetengraulis*) es por el momento la más apreciada de las diversas especies usadas como carnada para el atún, y la que

debe ocupar lugar principal en el esfuerzo de investigación en que se interesan los gobiernos miembros. El estudio de la biología, la historia natural, la ecología y la dinámica de las poblaciones de la anchoveta y de los efectos de la pesquería sobre los stocks de esa especie, se está efectuando en los laboratorios principales y en los de Costa Rica y Panamá.

.Debe hacerse constar una vez más el reconocimiento especial que debemos a la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California. Esta entidad contribuye muy considerablemente al buen éxito de las investigaciones de la Comisión, al brindarle espacio para sus oficinas y laboratorios, así como facilidades de estudio en tierra y medios de transporte en el mar, lo mismo que la cooperación muy activa y el sabio consejo de su Director y de los Miembros de la Facultad.

Las investigaciones durante 1957 comprenden las siguientes actividades:

1. Compilación de las estadísticas corrientes de la pesca total, volúmen y resultado de las actividades pesqueras y abundancia de las poblaciones de peces.

En forma ininterrumpida se miden corrientemente la abundancia aparente de las poblaciones de peces que mantienen la pesquería, el volumen del esfuerzo de pesca que a dichas poblaciones se aplica y la magnitud de las pescas, utilizándose para estos propósitos los detallados records que la misma pesquería proporciona. Estos datos son de importancia fundamental para las investigaciones de la Comisión: proporcionan la información básica para determinar los efectos de la explotación sobre los recursos y para mantener a la Comisión y a los gobiernos miembros informados acerca de sus condiciones actuales con respecto a la condición del promedio de rendimiento máximo sostenible; también proporcionan información con respecto a los cambios en la abundancia aparente, por estratos geográficos y temporales que son esenciales para gran parte de nuestra investigación sobre la ecología de los peces. El personal mantiene un sistema de recolección, tabulación y análisis de los registros de la pesca total de cada una de las especies de atún de todas las áreas del Pacífico Oriental Tropical, y de información de una muestra representativa muy grande de las flotas pesqueras con respecto a las localidades de pesca, fechas en que las pescas se operan, esfuerzo empleado, y cantidades de la producción resultantes de cada especie de atún y de carnada.

Estadísticas de la pesca total de atún

En informes anteriores se ha dado cuenta de los métodos de compilación de la pesca total de cada una de las especies de atún que se encuentran en todo el Pacífico Oriental. Los datos resultantes son esencialmente completos, con la excepción de cantidades insignificantes consumidas localmente fuera de los Estados Unidos, en otros países, cuyas cifras no se han podido registrar. En la Tabla 1 aparecen las cantidades totales de los desembarques de peces provenientes del Océano Pacífico Oriental, por especies. Los recibos de atún en los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico), que se muestran separadamente, constituyen un buen índice de la producción total, ya que en años recientes más del 95% de dicha producción ha sido desembarcada allí, ó transbordada con destino a ese país para ser enlatada.

TABLA 1. PESCA DE ALETA AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, DE 1940 A 1957,
en milliones de libras.

	Descargados en los Estados Unidos o transbordados congelados con destino a este país*				Pesca total, Pacífico Oriental				
Año	Amarilla	Barrilete	Sin identificación por especies	Total	Aleta Amarilla	Barrilete	Sin identificación por especies	Total	% Aleta Amarilla
1940	113.9	56.6	—	170.5	114.6	57.6	—	172.2	67
1941	76.7	25.6	—	102.3	76.8	25.8	—	102.6	75
1942	41.5	38.7	—	80.2	42.0	39.0	—	81.0	52
1943	49.3	28.9	—	78.2	50.1	29.4	—	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	—	120.6	89.2	34.0	—	123.2	72
1946	128.4	41.5	—	169.9	129.7	42.5	—	172.2	75
1947	154.8	52.9	—	207.8	160.1	53.5	—	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	—	331.5	224.8	129.3	—	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	—	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	—	262.5	140.9	128.0	—	268.9	52
1956	169.0	148.5	—	317.5	177.0	150.3	—	327.3	54
1957	152.5	126.9	—	279.4	(1)				55

* Incluyendo Puerto Rico
(1) Datos no completados

En esta tabla se puede observar que ha habido una disminución moderada de la pesca total de las dos especies durante 1957. La merma en la producción de aleta amarilla se debe a una reducción del esfuerzo de pesca, ya que la abundancia aparente, de acuerdo con nuestros datos preliminares, ha estado muy cerca de la registrada en 1956. En ambos años, la abundancia aparente está ligeramente debajo del promedio de largo plazo correspondiente al nivel de la intensidad de la pesca.

Los desembarques de barrilete se redujeron en 1957, en un grado mayor que los de aleta amarilla, a pesar de que mucho del esfuerzo de la parte de la flota de clípers de largo radio de acción se acentuó en las áreas frente a la América del Sur, en donde esta especie predomina en la pesca. Como se demostrará más adelante, la aparente abundancia promedio del barrilete durante 1957 estuvo debajo de la registrada en años anteriores. En 1957 los barcos rederos, lo mismo que en el año precedente, concentraron sus esfuerzos en las partes más septentrionales de la región de pesca, en donde normalmente capturan un porcentaje más alto de atún aleta amarilla. Pareciera, entonces, que la disminución en la captura del barrilete se debe a una combinación entre la reducción del esfuerzo de pesca y la merma en la abundancia encontrada por los pescadores.

Aún cuando la tabulación detallada del orígen geográfico de las pescas no ha sido terminada todavía, se sabe que ha habido algunos cambios con respecto al año anterior. Lo más notable es el viraje de la pesquería hacia el sur, a lo largo de la costa peruana, habiendo pescado algunas de las embarcaciones de los Estados Unidos en localidades tan al sur como las aguas frente a Iquique en Chile. Al mismo tiempo se pescó, en promedio, más al norte de lo acostumbrado, a lo largo de la costa de Baja California, y las pescas en estos "bancos locales" persistieron hasta diciember, mientras que en muchos años terminan mucho más temprano. Esta ampliación de la pesquería en los extremos de su radio, se debe aparentemente a las temperaturas anormalmente altas del agua en esas latitudes. 1957 fué un año pronunciado de "El Niño" frente al Perú, y las temperaturas de las aguas a lo largo de la costa de Baja California (y, desde luego, a lo largo de toda la costa occidental de Norteamérica) estuvieron bastante arriba de lo normal durante la mayor parte del año.

Como en años anteriores, los clípers fueron el elemento dominante de la flota. En la Tabla 2 puede verse como la cantidad de aleta amarilla pescada por los barcos

TABLA 2. PORCENTAJE, POR ESPECIES, DEL ATUN DESCARGADO POR CLIPERS CON SU BASE EN CALIFORNIA.

Año	Aleta Amarilla	Barrilete
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957*	77.4	93.2

* Datos preliminares

rederos, se redujo, con respecto al año precedente, a pesar de que dichos barcos aumentaron su pesca de barrilete.

Medida de los cambios de la abundancia del atún

La abundancia aparente de cada especie de atún se mide por la "pesca por cada día de actividad" de una muestra representativa muy grande de la flota de clípers atuneros, que pescan mediante el empleo de carnada viva en toda la región de la pesquería. Esta medida de la abundancia, según la encuentran los pescadores, puede no ser siempre proporcional a la verdadera abundancia de cada especie, debido a las variaciones de un año a otro en la disponibilidad que presenta el pez para la captura. Sin embargo, como tales variaciones en la disponibilidad se promedian en una serie de años, las tendencias en la abundancia aparente son significativas en términos de la abundancia real.

El promedio de la "pesca por cada día de actividad," con respecto a cada especie de atún, es computado en cada uno de los seis tamaños-clases de clípers. Mediante la aplicación de factores de corrección en cuanto a la relativa eficiencia de los barcos de cada una de las clases, los datos son combinados también para obtener una sola estimación de la abundancia aparente en términos de la "pesca por cada día de actividad" de un tamaño de embaración (clase 4) tomada como standard. Los métodos de compilación y computación han sido descritos en informes anteriores. Las estimaciones para cada especie, en los años 1951 a 1956, aparecen en la Figura 1.

En esta figura puede observarse como la abundancia aparente del atún aleta amarilla, para las clases-tamaños 2 a 4, fué escasamente más baja que durante el año anterior. Para la clase-tamaño 1, integrada por barcos pequeños que pescan exclusivamente en áreas frente a Baja California y México, se refleja un crecimiento ligero en la abundancia aparente. De modo similar se nota un aumento para las embarcaciones de la clase 6, que dedicaron la mayor parte de su esfuerzo durante 1957, en las áreas frente a América del Sur, hacia el extremo meridional de la región. El promedio estandarizado es muy cerca de la cifra del año anterior.

En cuanto al barrilete, se manifiesta una merma considerable en la abundancia aparente para todas las clases de barcos, excepto para la clase 1. El promedio estandarizado quedará debajo del correspondiente al año 1956.

Estadísticas sobre carnada en 1957

La mayor parte de la pesca de atún se realiza por medio de embaraciones que emplean el sistema de carnada viva para la captura. Los records de las cantidades de cada una de las especies de carnada y de las localidades en que se lograron pescar, fueron obtenidos con respecto a casi todos los viajes que durante 1957 efectuaron los barcos con base en los puertos de los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico.

Las cantidades de la carnada que se pesca en los pocos viajes de los cuales no obtenemos records, se calculan mediante la estimación de que la proporción de peces de cada clase de cebo empleada, con respecto a la cantidad de atún capturado en tales viajes, es la misma registrada por los barcos que nos suministran datos completos.

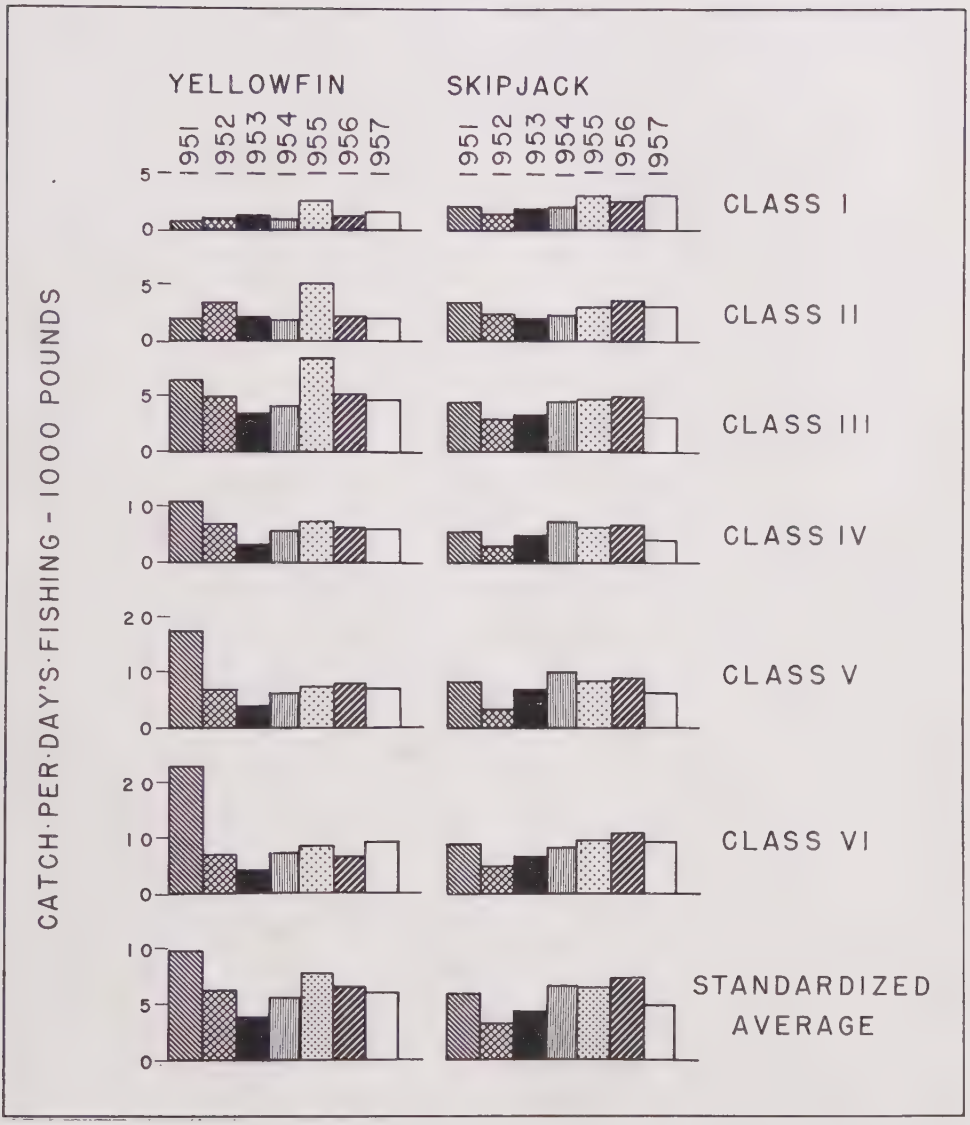

FIGURA 1. Pesca "por cada día de actividad" por especies y por clases-tamaños de barcos, realizada por clípers, de 1951 a 1957.

Las cantidades estimadas de cada clase de carnada empleada en 1957, se indican en la Tabla 3, comparativamente con los datos correspondientes a los años 1951-1955. Los datos de los años anteriores a esta serie fueron publicados en el Informe Anual de 1955. En la Figura 2 se muestra gráficamente la pesca total por especies y por años desde 1946. Estas estadísticas no comprenden la carnada que emplean unos pocos barcos con base en puertos de la América Latina, ni unos cuantos barquitos Californianos que pescan esporádica-y estacionalmente, pero si representan el grueso de la pesca de peces-cebo que hace la flota atunera.

TABLA 3. ESTIMACION DE LAS CANTIDADES* Y PORCENTAJES DE CADA UNA DE LAS CLASES DE PECES-CARNADA PESCADOS POR CLIPERS** DE 1952 A 1957.

	1952		1953		1954		1955		1956		1957	
	Cantidad	Por-centaje	Cantidad	Por-centaje	Cantidad	Por-centaje	Cantidad	Por-centaje	Cantidad	Por-centaje	Cantidad	Por-centaje
Anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*)	2542	59.5	1618	37.2	1820	46.3	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8
Sardina de California (*Sardinops caerulea*)	286	16.7	413	9.5	203	5.2	541	20.9	362	9.9	290	7.8
Sardina de Galápagos (*Sardinops sagax*)	596	14.0	1145	26.3	590	15.0	247	9.6	152	4.2	38	1.0
Anchoa nórdica (*Engraulis mordax*)	577	13.5	814	18.7	604	15.4	159	6.2	594	16.2	547	14.8
Anchoa sureña (*Engraulis ringens*)			36	0.8	553	14.1	214	8.3	355	9.7	410	11.1
Anchoa de California y anchoa nórdica mezcladas y no identificadas separadamente	53	1.2	168	3.9	65	1.7	9	0.4	38	1.0	30	0.8
Arenque (*Opisthonema, Harengula*)	124	2.9	88	2.0	49	1.2	49	1.9	368	10.1	193	5.2
Salima (*Xenocys jessiae*)	51	1.2	31	0.7	23	0.6	21	0.8	27	0.7	17	0.5
Misceláneos y no identificados	40	0.9	36	0.8	20	0.5	25	0.9	95	2.6	112	3.0
Totales	4269		4349		3927		2568		3658		3707	

* En miles de scoops.

** Barcos con base en puertos de la Costa Oeste de los E. U. de A. durante los años 1951-1955, y durante 1956 y 1957, años éstos en que quedan incluídos los barcos con base en Puerto Rico.

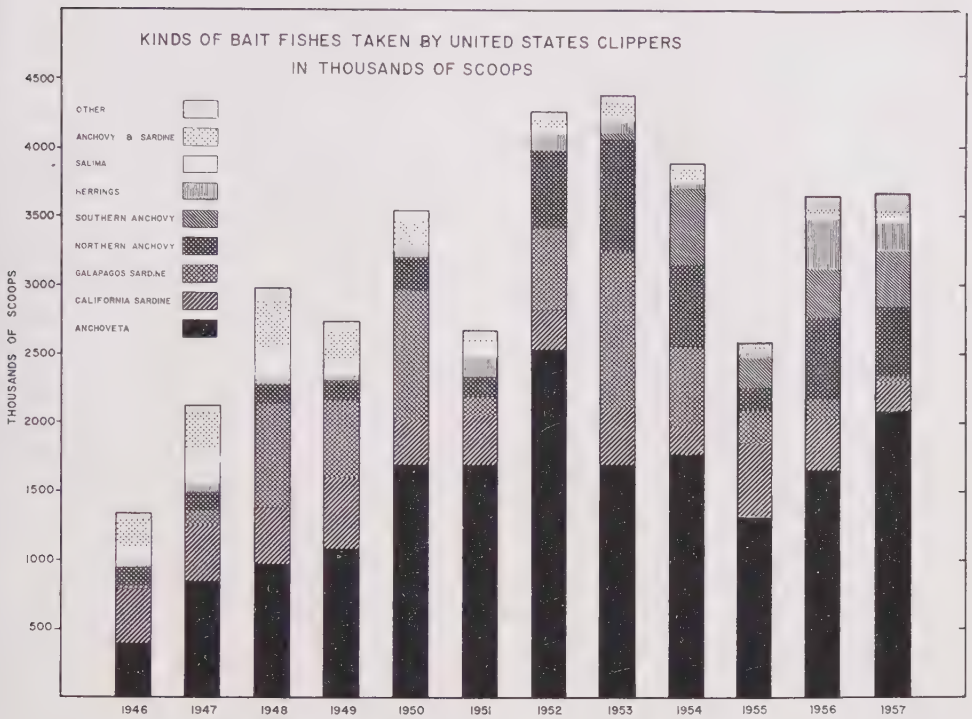

FIGURA 2. Estimación de la pesca total de peces-carnada, con indicación de clases, realizada por barcos atuneros de los Estados Unidos de 1946 a 1957.

La cantidad global de carnada aumentó, de 3,658,000 "scoops," que se emplearon en 1956, a 3,707,000 que fueron usados en 1957, a pesar de la ligera disminución en el esfuerzo de pesca que ya ha sido anotada. La anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) ha sido, como en años anteriores, la más importante especie de carnada en 1957, habiéndo constituído un 55.8 por ciento de la pesca global de peces-cebo. Esto representa un notable aumento en relación con el año precedente. Dicho aumento se debe, en gran parte, a una gran abundancia de esta especie en las Bahías de Almejas y Magdalena, en Baja California. En forma concomitante disminuyó el empleo de la sardina de California, que también se pesca a lo largo de Baja California.

La captura de la sardina de las Galápagos continuó decayendo en el año de nuestro informe, y alcanzó el más bajo nivel desde 1946. Esto se debe principalmente a una disminución continua en el volumen de la pesca de atún que se hace cerca de las Islas Galápagos, pero también puedo estar relacionada con el bajo nivel de abundancia que presentó dicha especie durante este año.

2. Condiciones actuales de las poblaciones de atún

El análisis de la serie histórica de datos sobre el esfuerzo de pesca, la abundancia aparente y la pesca global de cada una de las especies de atún, nos ha permitido determinar los efectos de las actividades pesqueras sufridos por cada especie, así como estimar la relación entre los niveles actuales del esfuerzo de pesca y el nivel correspon-

diente al promedio de la producción máxima sostenible. De estos esudios se ha dado información detallada en los anteriores informes anuales y en las publicaciones que comprende nuestra serie de *Boletines*. La compilación ininterrumpida de datos comparativos nos permite seguir al día las condiciones en que se encuentra cada especie.

En la Figura 3 aparece, en cuanto al barrilete, la serie histórica de índices del esfuerzo de pesca, la abundancia y la producción de pescado hasta 1956. Como se ha indicado anteriormente, no hay una relación aparente entre las variaciones en la abundancia y las variaciones en el esfuerzo de pesca. La abundancia aparente fluctúa en forma muy amplia de un año a otro, pero el promedio de la abundancia en los años recientes, a niveles mucho más altos del esfuerzo de pesca y de la producción de pescado que en los primeros años de la serie, es tan alto como en el perído inicial de dicha serie. Es evidente que ninguno de los efectos de la pesca sobre el conjunto de las poblaciones de esta especie es tan insignificante como para que no pueda ser advertido, a los niveles del esfuerzo de pesca hasta ahora alcanzados, al tomar en cuenta el curso de las variaciones debidas a factores independientes de la pesquería. La abundancia durante 1956 se mantuvo algo más arriba del promedio registrado a largo plazo y, con un aumento en el esfuerzo de pesca en relación con el año 1955, la producción global de pescado alcanzó una cifra que solo fué sobrepasada en 1954. Los datos correspondientes a 1957 no están completos todavía, pero se evidencia que la abundancia aparente marcará un descenso y llegará tal vez a colocarse debajo del promedio registrado a largo plazo.

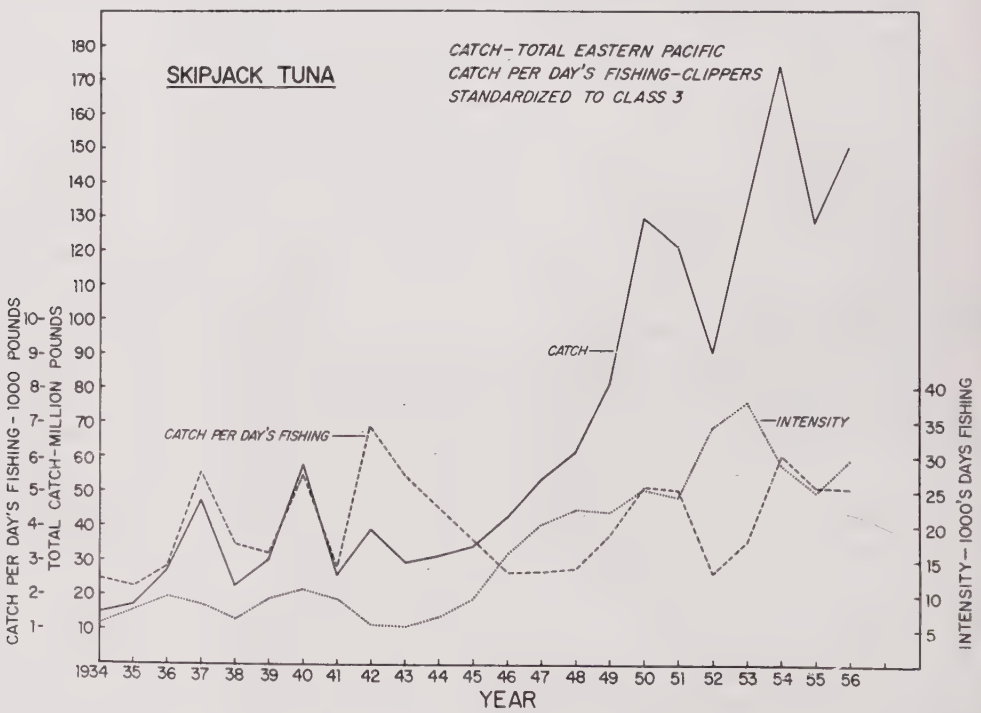
SKIPJACK TUNA
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH-MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56

FIGURA 3. Pesca total, pesca regulado o estandarizada "por cada día de actividad," y cálculo de la relativa intensidad de la pesca de esta especie en el Océano Pacífico Oriental, de 1934 a 1956.

Los datos con respecto al aleta amarilla pueden encontrarse en la Figura 4, en una serie de años hasta 1956 inclusive. La forma de presentación es diferente a la del barrilete; se basa en los resultados de los estudios de la dinámica de la pesquería de dicha especie publicados en nuestro *Boletín Volumen II, Número 6*. En esta figura se anota la abundancia en el eje vertical y el esfuerzo de pesca en el horizontal. La pesca total, que es el producto de estas dos variables, está representada por hipérboles equilaterales. Los valores de la pesca total equivalente, que han sido representados por las hipérboles, están indicados en los extremos de éstas en la parte superior del gráfico. Los valores anotados en cada año, de 1934 a 1956, están representados por los puntos conectados por líneas gruesas. La línea a trazos rotulada "línea estimada de equilibrio," representa la relación promedio entre el esfuerzo de pesca, la abundancia y la producción de pescado, cuando la proporción de la pesca se encuentra en equilibrio con la proporción en el aumento de la población de peces. Dicha línea muestra el promedio a largo plazo de la abundancia y la pesca correspondiente a los diferentes valores del esfuerzo de pesca.

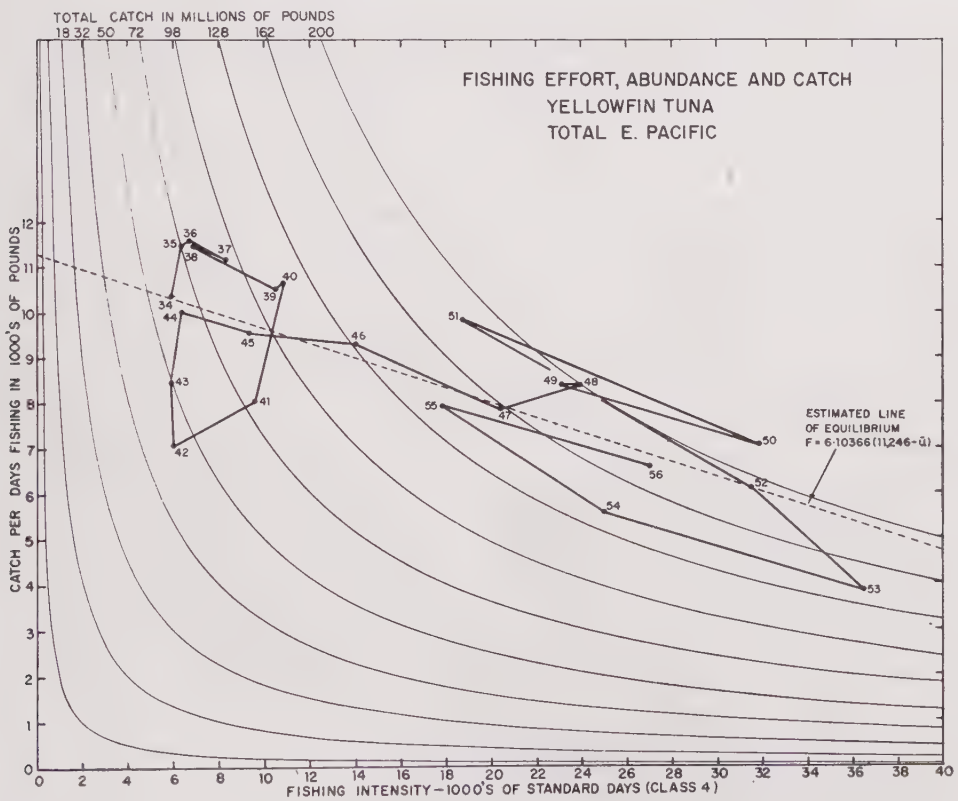
TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL E. PACIFIC
ESTIMATED LINE
OF EQUILIBRIUM
F = 6·10366(11246-ū)
CATCH PER DAYS FISHING IN 1000'S OF POUNDS
FISHING INTENSITY—1000'S OF STANDARD DAYS (CLASS 4)

FIGURA 4. Relación entre la intensidad de la pesca, la abundancia, y la pesca total de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental. Los puntos conectados por las líneas negras representan los valores exactos en cada año, de 1934 a 1956. La línea a rayas representa la estimación de la relación funcional entre la intensidad de la pesca y la abundancia promedio bajo las condiciones de equilibrio.

En esta figura puede verse como la intensidad de las pesca aumentó en 1956, en comparación con el año anterior, y fué acompañada de una merma en la abundancia. Esta merma fué algo mayor de lo que podía esperarse, en promedio, debido únicamente a la pesca. Los datos de 1957 no han sido completados aún, pero los que se tienen a mano indican que el punto correspondiente a dicho año irá a la izquierda del punto correspondiente a 1956, lo que significa muy poco ó ningún cambio en la abundancia, y una merma en la intensidad de la pesca con la correspondiente disminución en la producción global de pescado. La intensidad de la pesca correspondiente al promedio del rendimiento máximo sostenible, ha sido estimada en 35,000 días standard. Puede verse también como la cantidad corriente del esfuerzo de pesca permanece muy por debajo de la indicada cifra.

Hay que hacer notar que nuestros estudios sobre los efectos de la pesquería en las poblaciones de atún han sido aplicados al conglomerado de cada especie de atún en el Pacífico Oriental. Como se demonstrará más adelante, existe razón para creer que, en realidad, puede haber varias unidades de población independientes ó semi-independientes, de cada especie, dentro de esta región. En consecuencia, es deseable estudiar los efectos de la pesca en cada una de esas unidades, individualmente. Esto no puede hacerse, sin embargo, hasta que dichas unidades de población no hayan sido identificadas, y delimitada su distribución geográfica. Depende, entonces, un estudio más acabado de la dinámica de las pesquerías de estas especies, de la previa resolución de los problemas referentes a la estructura de las poblaciones y a los movimientos migratorios, para lo cual se está dando la más alta prioridad a la investigación correspondiente.

3. Poder potencial de pesca de la flota

A fín de determinar los cambios en las flotas pesqueras para estar así en condiciones de estimar la capacidad de dichas flotas en cuanto a su esfuerzo de pesca sobre los stocks de atún, estamos computando los índices de su *poder potencial de pesca.* Hemos computado, y, presentado en el informe del año anterior, índices separados para las flotas de barcos rederos y carnaderos (clípers) que operan desde puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico). El índice, para cada tipo de barcos, fué computado al multiplicar el número de unidades en cada clase-tamaño, dedicadas a la pesquería durante el año, por un factor que exprese el promedio de eficiencia de las embarcaciones de dicha clase-tamaño en relación con una sola clase seleccionada como standard; sumando estos productos en todas las clases, se obtiene un índice del poder potencial de pesca en términos del número de naves de la clase standard.

En cuanto a los clípers, el índice ha bajado, en 1957, a 160 barcos standard (clase 4), de 164 que había en 1956. Con respecto a los barcos rederos, el índice ha descendido, en 1957, a 50 barcos standard (clase 3), de 63 que había en 1956.

Ahora también hemos calculado un índice combinado de todos los barcos. A fin de lograr ésto, hemos deducido una proporción de efectividad de un redero standard en relación con un clíper standard, tomando en cuenta la eficiencia relativa de los dos con base en la "pesca por cada día de ausencia del puerto," y la proporción relativa de operación de ambos con base en el promedio de días empleados en el mar, por año, durante el período 1947-1956. El número de rederos standard se multiplica por

la proporción de efectividad (que es de 0.532) y se suma al número de clípers standard para obtener el poder potencial total de pesca en términos del número de dichos clípers. Este índice combinado aparece en la Figura 5 con respecto a los años 1932 a 1957, en donde puede verse que ha declinado en forma bastante continua a partir del máximum registrado en 1951. Entre 1956 y 1957 el poder potencial de pesca descendió de 199 a 187 unidades.

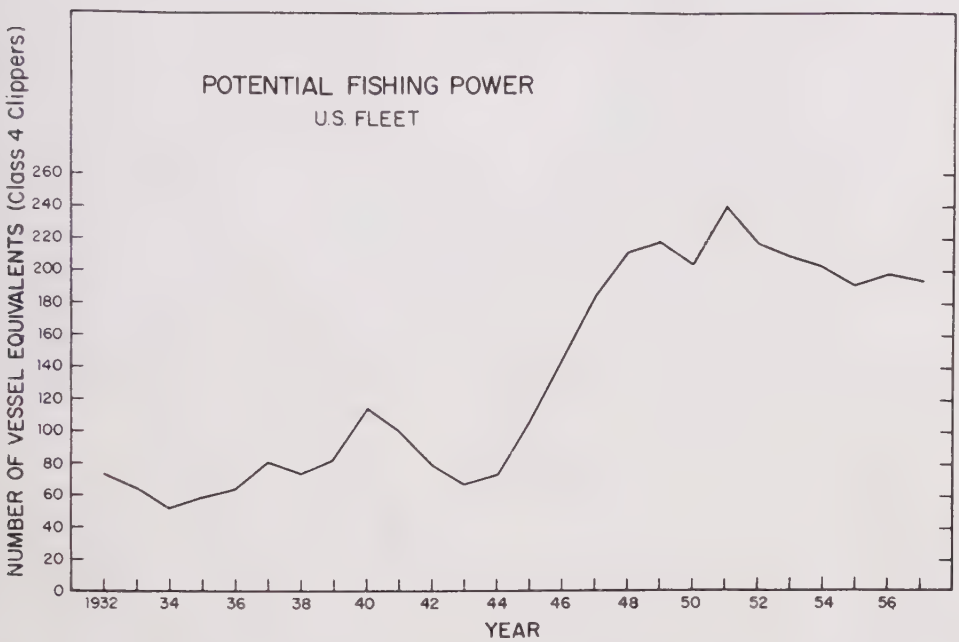

FIGURA 5. Poder potencial de pesca de los barcos pescadores de atún con base en los puertos de los E. U. A. (incluyendo Puerto Rico).

Considerando la merma observada en el poder potencial de pesca de la flota atunera que opera desde puertos de los Estados Unidos, la que constituye una parte dominante del esfuerzo total de pesca, y que ha de continuar igualmente esa disminución (ya que se contempla muy poca construcción nueva para reponer el continuo retiro de unidades) parece muy poco probable que el esfuerzo de pesca pueda, durante el año venidero, haber crecido lo suficiente como para alcanzar el nivel que corresponde a la pesca máxima de equilibrio en la totalidad de los stocks de aleta amarilla del Pacífico Oriental.

4. Otros estudios estadísticos sobre pesca de atún

Durante el año hemos continuado la preparación de gráficos representativos de la pesca total y de la "pesca por unidad de esfuerzo" por trimestres y por subáreas estadísticas, con el objeto de examinar los cambio, en el tiempo y en el espacio, ocurridos en la disponibilidad que presentan a la pesquería los stocks de atún. Se están preparando algunas publicaciones sobre estos estudios.

Se han continuado también las investigaciones para comparar la "pesca por unidad de esfuerzo" (por unidad de áreas de la superficie marina) no tomada en cuenta por la distribución del esfuerzo de pesca, con las estimaciones regulares que sí se toman en cuenta en dicha distribución. Esto puede conducirnos a un método para la estimación de la abundancia de cada una de las especies de atún, que está menos influenciado por las variaciones de un año a otro en la disponibilidad, que los métodos actualmente aplicados en forma rutinaria. Dicho método nos permitirá, en todo caso, penetrar los efectos producidos según el éxito variable que tienen los pescadores al concentrar sus esfuerzos en áreas de alta disponibilidad.

Hemos comenzado, además, la tabulación de la pesca total, por meses, en cada uno de los años recientes, con indicación de las subdivisiones geográficas mayores del Pacífico Oriental. Esto se hace con el objeto de determinar el grado de regularidad en las distribuciones mes a mes de la pesca global, dentro de las indicadas subdivisiones geográficas. Los resultados de este estudio son importantes con respecto a un conocimiento mayor de las variaciones en la disponibilidad que presenta el atún a la pesquería, y son también de importancia en lo que se refiere al futuro planeamiento de medidas de conservación, cuando sean necesarias.

5. Investigación de la estructura de las poblaciones de atún y de sus movimientos migratorios

La unidad dinámica fundamental de cada una de las especies de atún es la subpoblación, un grupo homogéneo de peces que se mezclan e hibridizan libremente entre sí, no teniendo contacto migratorio ninguno, ó apenas en un grado limitado, con miembros de otras subpoblaciones. El conocimiento de la dinámica de las poblaciones y las medidas de eficiente administración de la pesquería tienen su base en tales unidades. Consecuentemente viene a ser un problema a cuya resolución debe darse alta prioridad, el determinar hasta que grado se encuentra separada cada una de las especies de atún dentro de subpoblaciones independientes ó semi-independientes, y los límites geográficos y oceanográficos de cada una.

El estudio de este problema comprende diversas líneas de investigacion, pero las más importantes son: medición directa de los movimientos migratorios mediante la liberación y recobro de ejemplares marcados; estudio del tiempo y el área en que ocurren cambios en la composición de tamaños de las pescas comerciales; y estudios morfométricos.

Marcación y recobro de atunes

La forma más directa de estudiar la distribución geográfica de las posibles unidades de población es la de marcar ó señalar ejemplares que se devuelven al agua para que su posterior recobro permita elucidar sus movimientos migratorios. El trabajo de marcación de atún se comenzó en diciembre de 1955, y ha sido continuado vigorosamente durante el pasado año. El programa de marcación y recobro se ha concentrado en cuatro propósitos dirigidos a obtener, dentro de un corto número de años, información suficiente para elucidar los movimientos migratorios del atún adulto de ambas especies dentro de la región de la pesquería comercial en el Pacífico del Este. Dichos propósitos son: (1) Reducción de la mortalidad producida por la marcación,

mediante el mejoramiento de las respectivas técnicas; (2) Mejoramiento de las marcas ó señales para evitar o reducir pérdidas por desprendimiento; (3) Levantamiento del porcentaje de recobros de peces marcados; y (4) Aumento del número de peces marcados que se devuelven al agua para lograr mayor número de recobros.

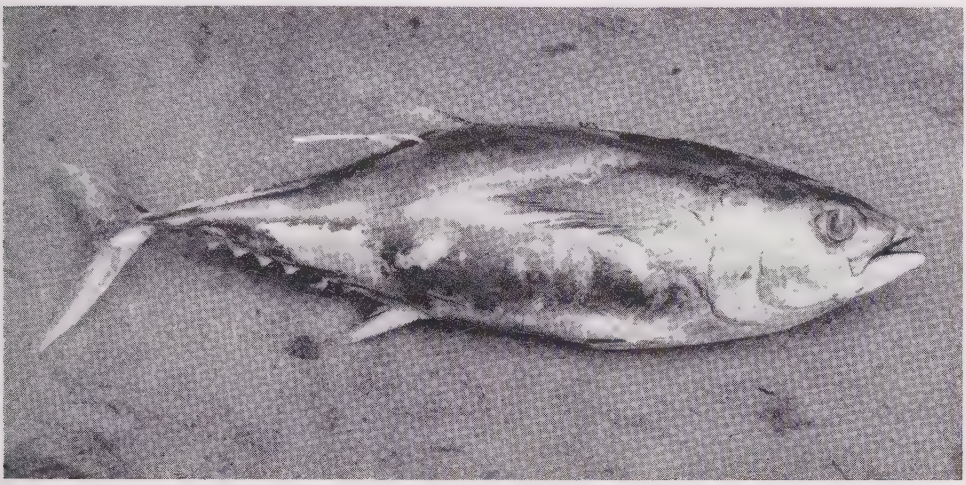

FIGURA 6. Ejemplar de atún aleta amarilla marcado, después de su recobro.

El tipo básico de marca ó señal empleado ha sido una gaza plástica que se inserta en la musculatura dorsal, en posición exactamente posterior a la segunda aleta dorsal (ver Figura 6); lleva un número de serie y una leyenda: "Devuélvase a la Comisión de Atún, San Diego." Este tipo de marca fué inicialmente diseñado por ciéntificos del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, que aseguraban la gaza con un nudo hecho en los extremos libres del plástico. Posteriormente hemos modificado la marca empleando una presilla de metal o grampa para asegurar los extremos libres, lo que no solamente reduce el tiempo del manejo del pez, sino que también evita las pérdidas al desprenderse del pez cuando se suelta el nudo.

Nuevos materiales y métodos deben ser evaluados indirectamente según los recobros de marcas que se logren en nuestros experimentos en el mar, ya que los ensayos en acuarios o en lagunas no son factibles; consecuentemente, el progreso es retardado al principio, con bajos niveles de recobros de marcas, pero será más rápido conforme aumente la proporción de dichos recobros.

Mortalidad debida a la marcación: El manejo de los peces durante la operación para marcarlos puede producir una mortalidad considerable. Esto ha sido demonstrado mediante la clasificación de los ejemplares de conformidad con su condición aparente en el momento de devolverlos al agua, calificando esa condición como "buena," "regular" o "mala," y mediante la comparación de las proporciones de los recobros de los tres grupos. En cuanto al atún aleta amarilla, las proporciones en el recobro de las categorías "buena" y "regular" han sido similares, pero significativamente más altas que la proporción correspondiente al grupo de condición "mala." Con respecto al barrilete, las proporciones en el recobro fueron significativamente diferentes en los tres grupos, registrándose una escala descendente de acuerdo con la condición de los

peces. Con el propósito de reducir el tiempo del manejo, que pareciera ser el factor más nocivo, se han realizado esfuerzos considerables para el mejoramiento de la técnica en el tratamiento de los peces al ser marcados. Además, se ha diseñado un aparato automático par asegurar con una grampa los extremos de la gaza plástica. Se han construído y probado diversos modelos de ese aparato engrapador, y se han ido eliminando dificultades mecánicas en el curso de la sucesión de modelos. El último de ellos, que funciona muy bien, fué probado en la expedición 14, entre septiembre y octubre de 1957, para compararlo con el viejo método de aplicar la grampa con la mano. Los resultados preliminares con peces recuperados que habían sido marcados mediante los dos métodos en dicha expedición, son los siguientes:

	Aleta Amarilla		Barrilete	
	Marcados	Recobrados	Marcados	Recobrados
Grampados a mano	258	10	451	8
Con grapadora automática	315	9	455	47

Con la grapadora automática, el tiempo fuera del agua se redujo en un 30 por ciento. En tanto que los resultados que se indican arriba, hacen pensar que no se consiguió un gran efecto en la reducción de la mortalidad del aleta amarilla cansada por la marcación, pareciera por otra parte, que se ha logrado un mejoramiento muy grande con respecto al barrilete. Este nuevo método será aplicado en forma rutinaria en el futuro.

Mejoramiento de la marca: Los científicos de las "Investigaciones de la Pesquería del Océano Pacífico," en Hawai, han informado sobre resultados muy apreciables con un tipo de marca ó señal bien diferente, que consiste en una pieza tubular de material plástico con una extremidad en forma de dardo, que sencillamente se clava entre los soportes de la aleta en la base de la segunda dorsal. En la expedición 12, en el verano de 1957, devolvímos al agua 296 peces marcados con este tipo de señal. No ha habido ningún recobro todavía; pero ésto no significa nada, si observamos que solamente cuatro, de 813 marcas del tipo de gaza plástica colocados en peces que fueron liberados al mismo tiempo que los 296, han sido devueltas a la Comisión. Se tiene en plan realizar mayor número de pruebas comparativas, con la nueva marca, durante 1958.

Los recobros a largo plazo, de peces liberados en las experimentaciones de 1955 y 1956, han demostrado que el material vinil plástico empleado en las marcas de tipo gaza, se tornó quebradizo después de algunos meses de contacto con el agua de mar, y se presume que ésta es la causa de que algunas marcas se rompieran y se desprendieran de los peces. Consecuentemente, efectuamos una serie de ensayos mediante el empleo de un número de marcas regulares de tipo gaza y de igual número de estas mismas pero con un refuerzo interior de monofilamento de nylon, que es impermeable. Estas últimas dieron mucho mayor número de rocobros, particularmente entre las marcas que tenían más de seis meses de colocadas. Ahora se están usando rutinariamente. Durante 1957, además, una entidad comercial preparó un nuevo vinil plástico que resiste largos períodes expuesto al agua del mar. Estamos empleando ahora este nuevo material, pero hemos mantenido el refuerzo de nylon como una precaución. Entre los recobros hechos hasta el momento, después de seis meses de estar en el agua, no se ha observado deterioro ninguno en dicho material.

Aumento en los recobros: A principios de 1957 se hizo evidente que muchos de los peces marcados que se capturaban no eran devueltos a la Comisión. En parte se debía a que las marcas no eran vistas, y en parte a falta de interés entre los pescadores y los trabajadores de las plantas enlatadoras. Para estimar las péridadas debidas a marcas no vistas, se hizo una serie de experimentos en cooperación con científicos del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, de lo que deducimos que esas marcas constituyen un 50 por ciento del número total capturado por la flota. Para mejorar la visibilidad de las señales, se hicieron experimentos empleando diversos colores. El amarillo duplicó más ó menos la proporción de recobros en blanco ó en los otros colores ensayados. En consecuencia, empleamos, durante la última parte de 1957, el amarillo en forma rutinaria.

A fin de estimular la devolución de marcas, se ofreció una recompensa de un dólar y una oportunidad en un sorteo anual de $300, desde principios de 1957. A esto se le dió una amplia publicidad en los puertos de pesca de atún de los Estados Unidos, México, Panamá, Costa Rica, Puerto Rico, Ecuador, Perú y Chile. Es difícil predecir el éxito de esta medida, pero desde la iniciación del sistema de gratificaciones, se ha notado un aumento en la proporción de devoluciones de marcas.

Marcación, liberación y resultados: A fin de acelerar este programa durante 1957, se intensificó el trabajo en el mar con base en nuestros laboratorios principales y en la estación establecida en el norte del Perú. En la Tabla 4 se presenta un sumario de las marcas de gaza plástica liberadas desde diciembre de 1955, y de las devoluciones hasta el 31 de diciembre de 1957. La distribución geográfica de la marcación y liberaciones efectuadas, por especies, aparece en la Figura 7, con indicación de extensas áreas geográficas. Puede observarse que se han hecho marcaciones en todas partes, dentro de la región de nuestro estudio, pero que las cifras son mucho más pequeñas en las áreas comprendidas entre Colombia y México central, que en las áreas hacia los extremos septentrional y meridional de dicha región de la pesquería.

Los movimientos migratorios del atún aleta amarilla que ha sido marcado y recobrado hasta el 15 de diciembre de 1957, se ilustran gráficamente en las Figuras 8, 9 y 10 por períodos, entre la marcación y el recobro, hasta de 60 días, de 61 a 180 días, y de más de 180, respectivamente. Los números de estos gráficos indican la cantidad de peces que fueron recuperados dentro del mismo cuadro de un grado en que se liberaron, lo que indica un movimiento migratorio neto de menos de 60 millas. Para cada ejemplar que fué encontrado a una distancia mayor del punto de liberación, se ha dibujado una "flecha" conectando el punto de la marcación y el punto de liberación.

Puede observarse como durante los primeros 60 días, la mayoría de los recobros se hacen en las vecindades cercanas al lugar de la liberación, pero algunos ejemplares han emigrado alejándose unos pocos cientos de millas. En el período entre 61 y 180 días, se han recapturado todavía numerosos ejemplares en el mismo cuadro de un grado en que fueron marcados, pero hay un porcentaje más alto de recobros hechos a mayores distancias. De interés particular son los peces que han emigrado desde la vecindad de México central hasta el área cercana al extremo o punta de Baja California, y el caso de un espécimen que se ha movido desde el área frente al Golfo de Guayaquil hasta cerca del grado 10° S, frente al Perú. Un segundo ejemplar con igual movimiento entre las últimas localidades mencionadas, también aparece en el gráfico de los recobros,

TABLA 4. MARCACION DE ATUN CON MARCAS DEL TIPO DE GAZA PLASTICA A BORDO DE CLIPERS, HASTA EL 31 DE DICIEMBRE, 1957.

Desde San Diego

(Hasta el 31 de diciembre, 1957)

Viaje Núm.	Barco	Fecha en que terminó el viaje	Area en que se pescó	Número de peces marcados		Número de recobros	
				Aleta Amarilla	Barilete	Aleta Amarilla	Barilete
1	Concho	1/29/56	Norte de Sudamérica	365	1006	21	15
3	Mary Lou	4/26/56	De Manzanillo al Golfo de Fonseca	160	71	2	0
4	Mary Lou	6/25/56	Islas Revilla Gigedo	139	199	8	3
5	Mary Lou	9/17/56	Islas Revilla Gigedo y Baja California	36	382	3	5
6	Mayqueen	11/16/56	América Central, Golfo de California y Baja California	179	172	1	0
7	South Coast	11/13/56	Baja California	219	915	17	13
8	Jeanne Lynn	12/24/56	Islas Revilla Gigedo y Tres Marías	340	323	14	6
9	Starcrest	3/4/57	Islas Revilla Gigedo y Tres Marías hasta el grado 15° N.	342	85	22	8
10	Excalibur	4/29/57	América Central	614	269	2	4
11	Mary Lou	5/16/57	Golfo de Panamá y América Central	380	291	1	1
12	Sun Pacific	8/8/57	Norte de Sudamérica y Golfo de Panamá	168	645	0	4
13	Paramount	8/27/57	Islas Galápagos y Norte de Sudamérica	196	809	9	4
14	Starcrest	10/2/57	Baja California	574	906	19	55
16	Portugesa	12/11/57	Baja California	401	585	15	16

Desde Paita y Máncora, Perú

Año	Trimestre	Area	Número de peces marcados		Número de recobros	
			Aleta Amarilla	Barilete	Aleta Amarilla	Barilete
1956	3	Norte de Sudamérica	41	121	0	1
1956	4	Norte de Sudamérica	290	885	28	7
1957	1	América Central y Norte de Sudamérica	86	294	7	4
1957	2	América Central y Norte de Sudamérica	951	3096	35	49
1957	3	Norte de Sudamérica	141	2027	5	56
1957	4	Norte de Sudamérica	531	1645	1	26

después de 180 días de marcado, y así mismo puede notarse que algunos peces de la costa central mexicana fueron recuperados en los "bancos locales" frente a Baja California. Aún después de más de seis meses de su liberación, 13 de los 25 peces recapturados que aparecen en el gráfico, lo fueron dentro del mismo cuadro de un grado en que se marcaron. Pareciera que muchos de los atunes adultos registran poco movimiento migratorio, aún después de muchos meses.

Tomando en consideración los movimientos migratorios señalados en los gráficos indicados para el atún aleta amarilla, es de creerse que los peces de la vecindad del Golfo de Tehuantepec hasta el área marina adyacente a Baja California pertenecen al mismo stock. También es interesante notar que no se han registrado, hasta ahora, migraciones desde la vecindad de las Islas Revilla Gigedo (números en los alrededores de los grados 20° N y 115° O) hacia las aguas continentales, y que solamente un pez marcado cerca del continente, ha sido recuperado cerca de estas islas. Este hecho pareciera abonar la hipótesis de que el aleta amarilla de aguas cercanas a las islas es, por lo menos, semi-independiente del que se presente en áreas continentales.

En una forma similar, los movimientos migratorios de barriletes marcados y recuperados hasta el 15 de diciembre de 1957, aparecen señalados en las Figuras 11 y 12, por períodos, desde su liberación a su recobro, hasta de 60 días y de más de 60

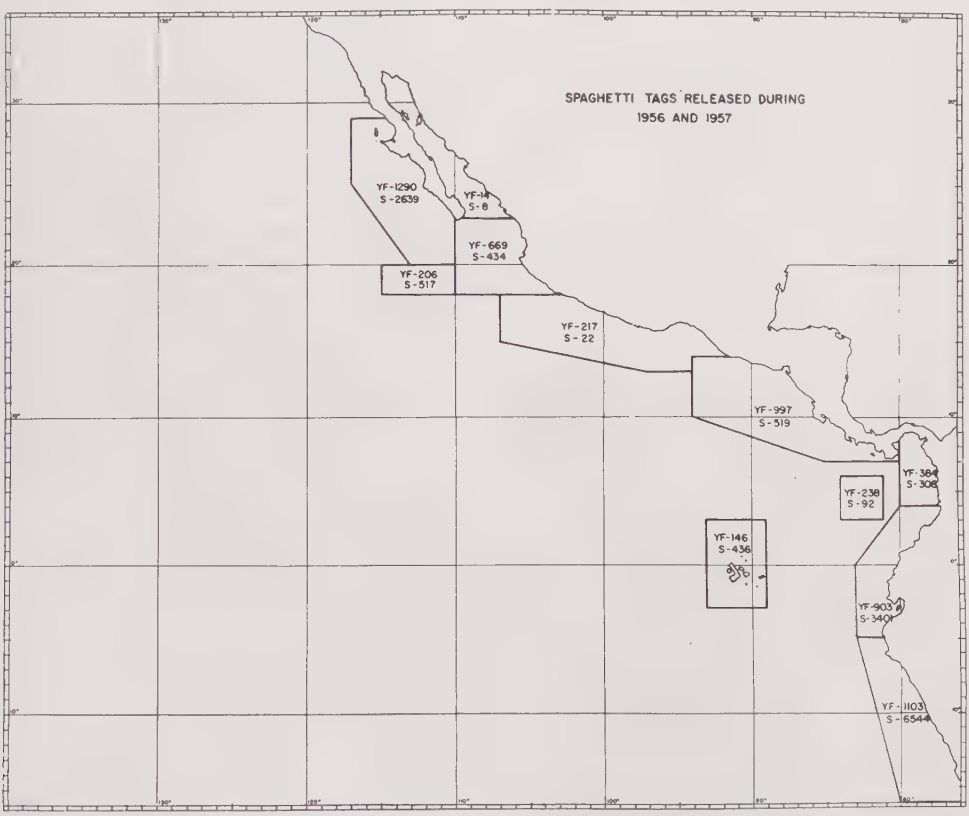

FIGURA 7. Distribución geográfica de atún marcado y liberado en 1956 y 1957.

días, respectivamente. Se han logrado tan pocos recobros de peces con más de 6 meses de liberación, hasta el 15 de diciembre de 1957, que no vale la pena graficarlos separadamente. En cuanto a esta especie, lo mismo que ha ocurrido con el aleta amarilla, la gran mayoría de los recobros durante los primeros dos meses se ha hecho en el mismo cuadro de un grado en que fueron marcados, y solamente un pez corrió una distancia, que no es grande, desde "el punto de las 14 brazas" frente a Chimbote, hasta la vecindad del Golfo de Guayaquil.

Las recuperaciones de barriletes marcados que han estado en libertad más de dos meses, incluyen también muchos ejemplares que han permanecido en las vecindades del lugar de su liberación, pero se registran, sin embargo, algunos movimientos migratorios apreciables. Las devoluciones son tan pocas, hasta el momento, que no pueden constituir una base para ninguna conclusión en firme, pero las migraciones de los ejemplares marcados frente a la parte septentrional de Sudamérica sí indican alguna mezcla entre los peces de aguas frente al norte del Perú y los de la zona de Colombia, cuando menos.

Desde luego, serán necesarios muchísimos más datos sobre recobros de marcas para determinar los movimientos migratorios de ambas especies de atún, pero los obtenidos hasta ahora son alentadores.

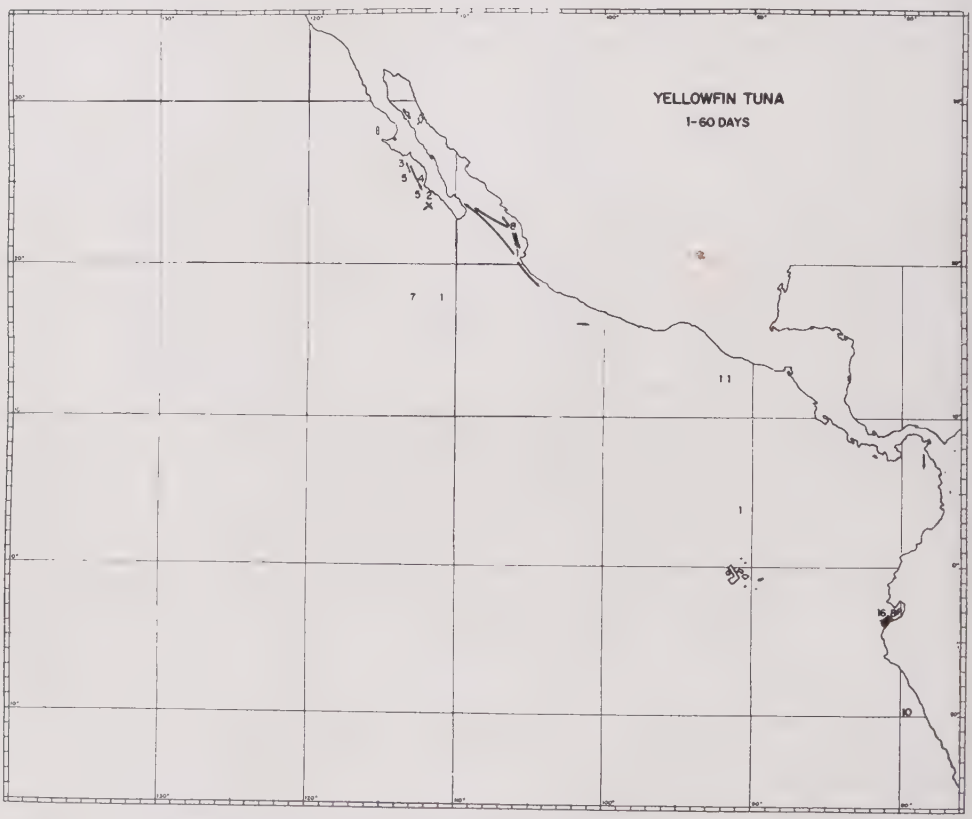

FIGURA 8. Movimientos migratorios de atún aleta amarilla marcado hasta 60 días después de su liberación.

Composición de tamaños de la pesca comercial

Durante 1957 los científicos de nuestro personal continuaron recolectando datos sobre la composición de tamaños, valiéndose de nuestras representativas tomadas en cada una de doce áreas seleccionadas previamente para el muestreo (ver Figura 7 en el Informe Anual correspondiente a 1955). Los desembarques comerciales de ambas especies fueron muestreados durante todo el año en San Diego y en San Pedro, en la extensión en que lo permitió la disponibilidad estacional presentada por los peces en cada una de las áreas objeto del muestreo. También fueron recolectadas muestras del área 06 por miembros de nuestro personal destacados en el Perú. Lo mismo que en años anteriores, este programa de "mediciones en los mercados," en San Pedro, fué realizado en cooperación con miembros del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California.

Con estos datos, y mediante la comparación de la ocurrencia de modos en las curvas de frecuencias de tamaños en una área y otra, en meses diferentes, resulta posible inferir los movimientos migratorios de ciertas subpoblaciones. Un ejemplo de ésto tiene su ilustración en la Figura 13. En esta figura se han graficado para cada mes, de febrero de 1955 a diciembre de 1956 inclusive, las curvas que representan los porcentajes de la frecuencia de longitudes que registra el atún aleta amarilla en tres áreas adyacentes escogidas para el muestreo, a saber: 01, área frente a Baja California

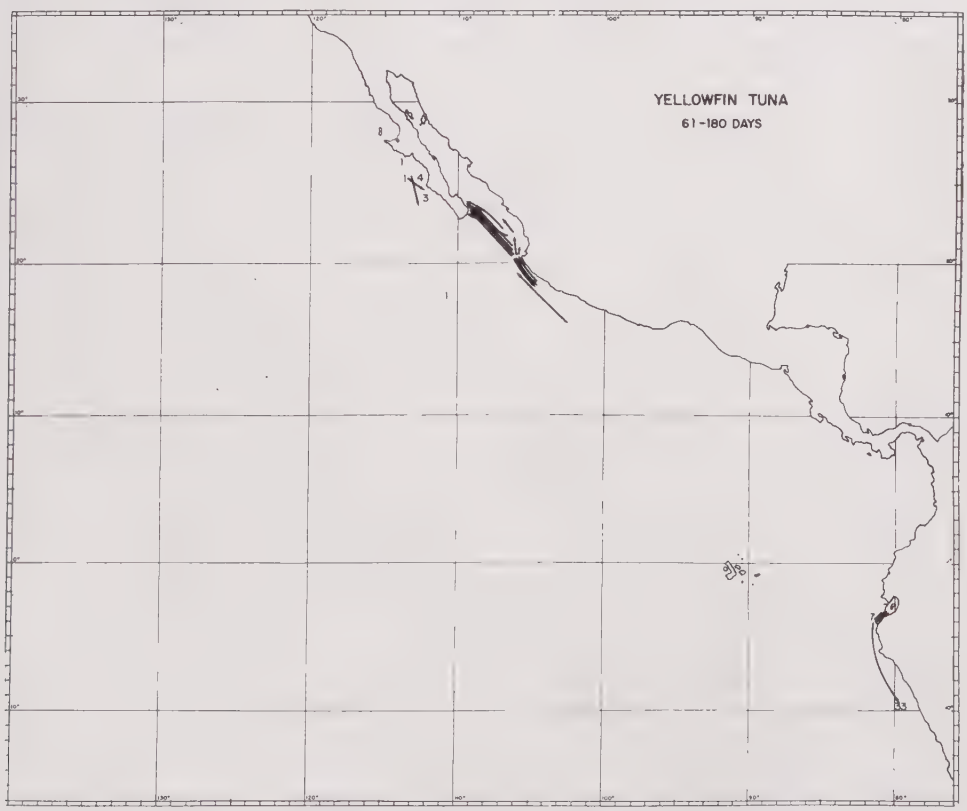

FIGURA 9. Movimientos migratorios de atún aleta amarilla marcado, en un período entre 61 y 180 días después de su liberación.

con exclusión de las Islas Revilla Gigedo; 03, área frente al Golfo de California, del extremo de Baja California al grado 18°N.; y 04, área comprendida entre el grado 18°N y el Golfo de Tehuantepec inclusive. Puede notarse como, cada año, un grupo de atún de corta dimensión aparece en la pesquería en el Area 01 durante junio y julio, en un tamaño modal de unos 530 milímetros, y continúa siendo objeto de la pesca, conforme sus individuos van creciendo, durante el verano y el otoño. El mismo grupo puede también determinarse subsecuentemente en las Areas 03 y 04. En los meses de primavera (marzo a mayo) estos peces han alcanzado un tamaño modal de 700-800 milímetros, y se pescan, en su mayor parte, en las áreas 03 y 04. Durante el verano aparecen de nuevo en las zonas frente a Baja California, constituyendo un segundo modo en las curvas de la frecuencia de tamaños, al alcanzar una longitud modal de 800-900 milímetros. De esta manera, los dos grupos modales en aguas frente a Baja California en el verano, indudablemente representan dos grupos de edad consecutiva. El primer grupo se cree que tenga un año de edad, y el siguiente dos años. Los grupos modales, por supuesto, pueden ser identificados a mayores edades en algunos meses.

Estos datos están de acuerdo con la hipótesis de que por lo menos la mayor parte del atún aleta amarilla que se presenta en las tres áreas de muestreo en referencia,

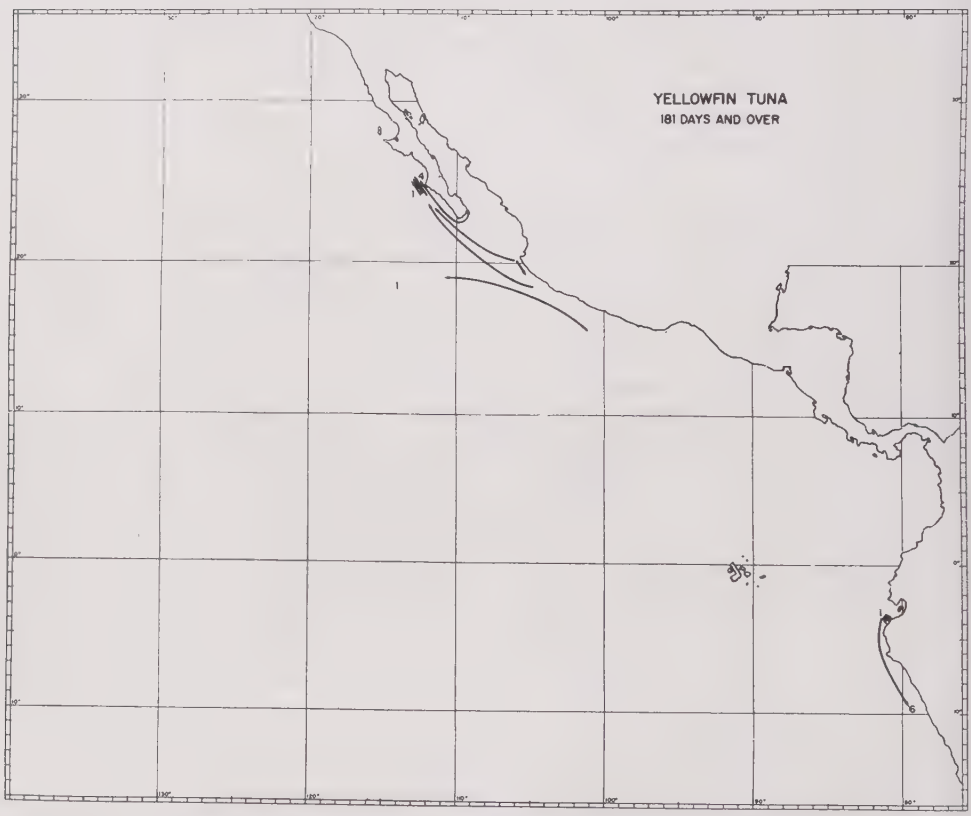

FIGURA 10. Movimientos migratorios de atún aleta amarilla marcado, después de 180 días de su liberación.

pertenecen a la misma población; de que los miembros de cada una de las clases anuales sucesivas entran primero en la pesquería, en su tamaño pequeño, principalmente en el Area 01, durante el verano; que durante el invierno hay una emigración general con dirección al sur, hacia las Areas 03 y 04; y que durante el verano siguiente se produce una emigración hacia el norte.

A pesar de que parecen bastante claras estas características que revelan los datos, en algunos meses y en algunas áreas es evidente la existencia de grupos de tamaños intermedios que no siguen las corrientes generales migratorias. Encontramos un grupo extraño de peces en el Area 01, en tres meses consecutivos, julio, agosto y septiembre de 1955, de un tamaño modal de alrededor de 700 milímetros. Un segundo grupo extraño aparece en el Area 03 en abril, mayo y junio de 1956 (en un tamaño modal algo mayor de 600 milímetros), desaparece por dos meses y luego vuelve a aparecer en septiembre y octubre. Parece cierto que no se trata de una artificialidad introducida al muestreo. El origen de estos grupos extraños en cuanto al tiempo y espacio, no es claro; pueden representar inmigraciones de alguna otra área, o bien, grupos que se originaron dentro de esta región, por desove en un tiempo desacostumbrado del año.

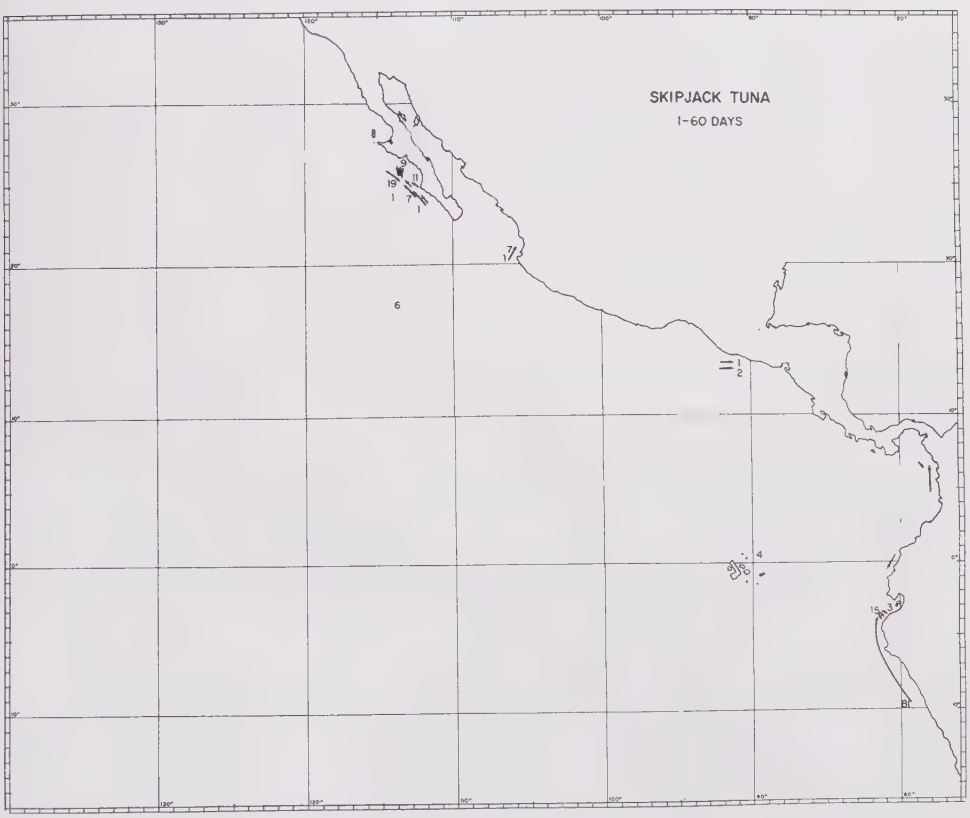

FIGURA 11. Movimientos migratorios de barrilete marcado, hasta 60 días después de su liberación.

Esperamos que será posible emplear este tipo de datos para comparar las proporciones del crecimiento en diferentes partes del Océano Pacífico Oriental, como una guía más para encontrar diferencias entre las poblaciones. Sin embargo, este sistema resulta complicado porque la proporción del crecimiento parece variar de una clase anual a otra en la misma área. La progresión de los modos en la Figura 13, por ejemplo, indica que en esta región la clase anual 1954 (que entró en la pesquería en 1955) creció, particularmente durante su tercer año, mucho más rápidamente que las anteriores clases anuales.

Investigaciones morfométricas

El análisis de los datos morfométricos del barrilete ha demostrado que existe un promedio de diferencias verdaderas entre los ejemplares de esta especie tomados de diferentes áreas, las cuales son mucho mayores que las encontradas entre las diversas muestras de la misma área, lo que indica que dicha especie no está compuesta por una sola población homogénea en el Pacífico Oriental. Resultados similares se han obtenido en cuanto al atún aleta amarilla, aún cuando hay la duda de si las diferencias entre áreas representan las verdaderas diferencias entre poblaciones, o pueden ser consideradas simplemente como variaciones que dá el muestreo de áreas.

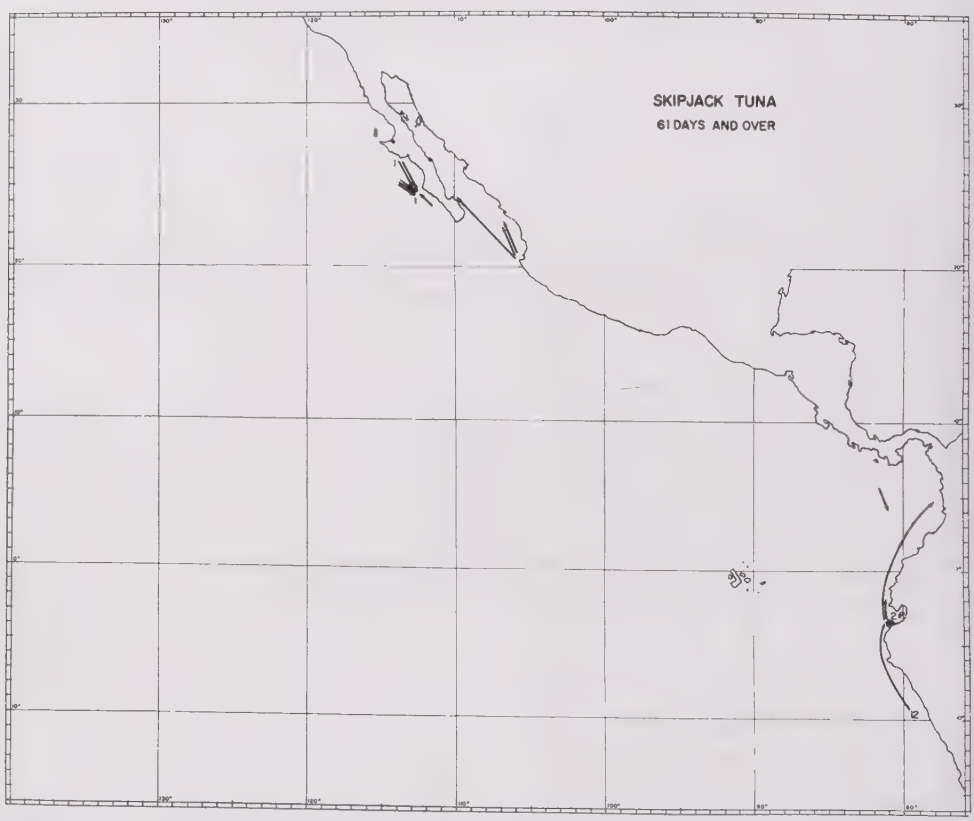

FIGURA 12. Movimientos migratorios de barrilete marcado, después de 60 días de su liberación.

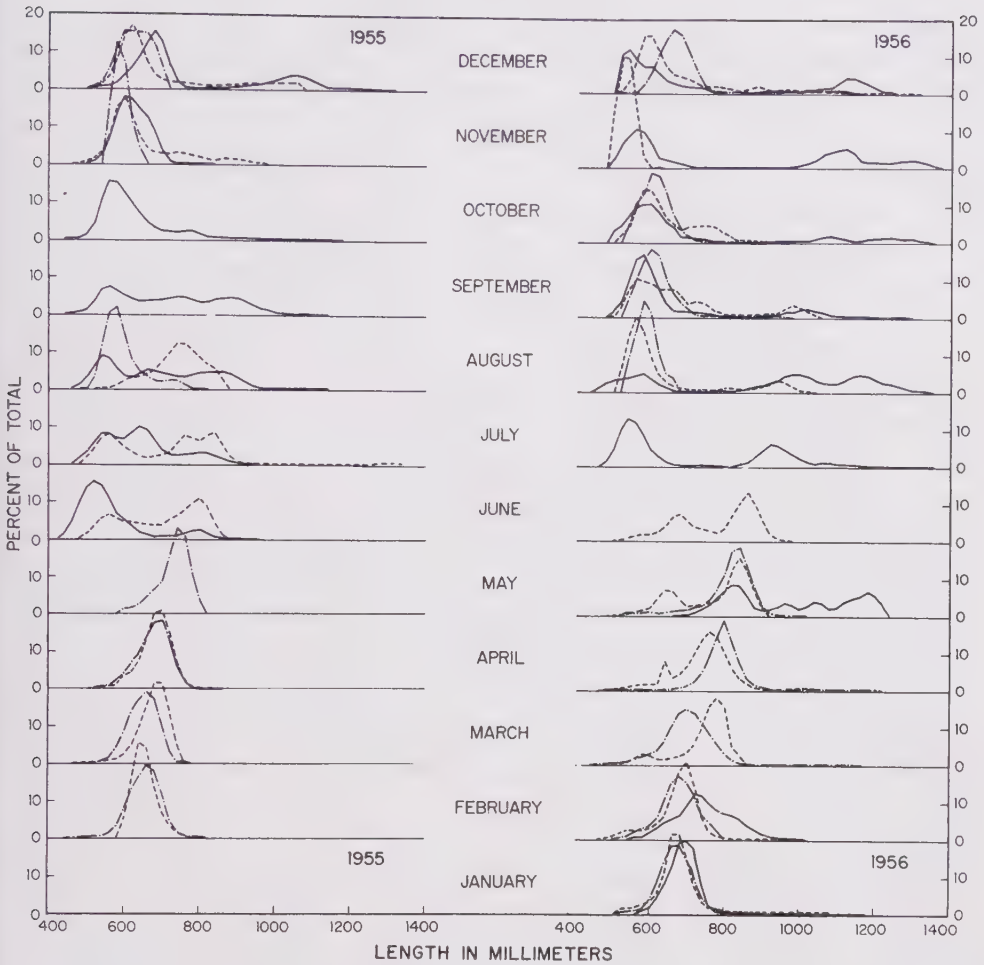

FIGURA 13. Porcentaje de las curvas de frecuencia de longitudes de atún aleta amarilla. La línea negra corresponde al área de muestreo 01; la línea a rayas, al área de muestreo 03; y la línea a rayas y puntos, al área de muestreo 04.

La magnitud de las diferencias morfométricas encontradas, en una y otra especie, es lo suficientemente pequeña como para desechar la identificación de los límites de las subpoblaciones a través de ese tipo de datos (datos morfométricos). En consecuencia nos proponemos, después de completar el análisis de los informes que tenemos a mano y de la publicación de sus resultados, terminar esta línea de investigación.

6. Otros aspectos de la historia natural y hábitos del atún

A pesar de que las investigaciones sobre la estructura de las poblaciones y los movimientos migratorios a que se ha hecho referencia anteriormente, ocupan el lugar más importante, otros estudios también contribuyen a la resolución de estos problemas. Más aún, necesitamos poseer un mayor conocimiento de la historia natural y los hábitos del atún como base para la comprensión de los efectos de la pesca sobre los recursos,

y de las variaciones en la abundancia y rendimiento debidas a otros factores independientes de la pesca.

Las investigaciones de esta clase fueron continuadas durante 1957.

Investigaciones basadas en la composición de tamaños de la pesca comercial

Como se dijo anteriormente, continuamos nuestra recolección y compilación rutinarias de los datos sobre la composición de tamaños de las pescas comerciales por estratos de tiempo y área. Ya se ha mencionado también el empleo de estos datos para determinar los movimientos migratorios y para estimar las proporciones del crecimiento de los peces mediante la observación de los grupos modales.

Estos datos son también valiosos para estimar los cambios, en el tiempo y en el espacio, en la abundancia aparente de las clases sucesivas de edades y para llegar así, a poseer algún conocimiento de las variaciones en el reclutamiento de peces (poder de la clase anual) y sobre la disponibilidad que éstos presentan a la pesquería. Para conseguir este propósito, es necesario combinar los datos, por estratos de tiempo y área, referentes a la "pesca por unidad de esfuerzo," al porcentaje de la composición de tamaños de la pesca, y a la relación entre longitud y peso. Los datos correspondientes a estos dos últimos aspectos no es sino hasta ahora que han llegado a ser suficientes para dicho propósito. Durante 1957 hemos examinado las relaciones entre longitud y peso en una y otra especie. Durante la última parte del año también hemos comenzado los cálculos para obtener estimaciones de la abundancia aparente de los diversos tamaños-clase del atún aleta amarilla, por áreas de muestreo y por trimestres. Estas investigaciones no han progresado todavía lo suficiente como para dar informes sobre los resultados.

Evidencia de desove por el exámen de gónadas

El conocimiento de las áreas y estaciones o épocas del desove del atún es muy valioso por diversas razones. Es de importancia para la resolución de los problemas relativos a la estructura de la población, porque cada unidad de población que se sostiene por sí sola debe comprender, por supuesto, individuos reproductores. Más aún, si la proporción del crecimiento de los tamaños pre-comerciales es la misma para las diferentes unidades de población, el tiempo en que entra a la pesquería el grupo de edad más joven, debe tener correlación con la época del desove de los progenitores. El conocimiento de la extensión geográfica y estacional del desove, junto con la información acerca de las variaciones de las condiciones del medio ambiente, pueden también ser esperados eventualmente para lograr parte de la base que conduce al entendimiento de las variaciones en la integración de los stocks comerciales.

Un método para la identificación de las épocas y áreas de desove de los peces de tamaños comerciales es el que consiste en examinar las gónadas de los ejemplares de la pesca. Para este fin, durante los tres últimos años hemos examinado sistemáticamente los ovarios de hembras pertenecientes a ambas especies, tomadas de cierto número de áreas escogidas para el muestreo, para determinar el grado de madurez de las gónadas y para encontrar los remanentes de huevos de un desove anterior. La metodología ha sido descrita en informes anuales pasados y en el *Vol. I Núm. 6* de

nuestro *Boletín*. Aún cuando nuestros datos no han sido completados en todas las áreas de desove, hemos estado en condiciones de identificar algunas de ellas, así como otras en que hay evidencia de muy poco desove o ninguno. El estado corriente de nuestra información es el que sigue:

·Atún aleta amarilla

El muestreo en las áreas de Baja California, los "bancos locales," efectuado de 1954 a 1956, indicó la presencia de unos pocos peces en estados avanzados de madurez y dió alguna evidencia de un reciente desove, entre julio y septiembre. Pareciera que aunque puede producirse algún desove en dichas áreas, es, a lo sumo, de una mínima importancia.

Un caso similar presenta la región del Golfo de California, en donde no hemos encontrado espécimen alguno, en ninguna época del año, con aproximación a la madurez sexual.

Según las recolecciones comenzadas en mayo de 1957, parece probable que la población que habita el área entre los bancos locales y el Golfo de Tehuantepec desova principalmente en las aguas frente a México, al sur de las Islas Tres Marías. Muchos ejemplares en estado avanzado de maduración ovárica han sido encontrados en esta área durante los meses de verano, presentando los más altos índices de gónadas en junio y julio; también se han hallado algunos ovarios que contienen remanentes de huevos que parecen un saldo de un desove muy reciente. Durante 1958 se continuará una recolección intensiva en esta área.

Las vecindades de las Islas Revilla Gigedo han sido muestreadas regularmente durante tres años. En cada año hemos encontrado evidencia de abundante desove entre mayo y octubre, con un máximum en el período comprendido de julio a septiembre. Una hembra en proceso de maduración fué encontrada allí en marzo de 1957.

También por tres años se ha efectuado un muestreo en el área frente a la América Central, desde las aguas a la altura de Nicaragua hasta Punta Mala, en Panamá. Esta también parece ser un área de las más importantes para el desove del atún aleta amarilla y en una época diferente a las zonas que están hacia el norte. En ella las condiciones de los ovarios indican que se produce algún desove durante todo el año, pero el máximum se registra en la época que comprende los meses de diciembre a marzo.

Entre esta área y el Golfo de Tehuantepec también hemos encontrado evidencia de desove del aleta amarilla, pero la época no ha sido todavía determinada claramente. Pudiera ser que ésta sea una zona dentro de la cual existe una frontera entre subpoplaciones.

Las muestras de atún aleta amarilla recogidas en las vecindades de las islas mar adentro (Isla de Coco, Clipperton y las Galápagos) contienen algunos ejemplares en estados avanzados de madurez. Sin embargo, debido a que las muestras de estas localidades no se obtienen frecuentemente, nuestros datos son todavía inadecuados para estimar la importancia de las mismas como áreas de desove, y para determinar las épocas en que éste alcanza su máximum.

De la región frente al Perú septentrional obtenemos buenas muestras durante todo el año, las cuales indican la ausencia de hembras muy cercanas al desove, y parece, en consecuencia, que éste se presenta en forma muy raquítica o no se produce del todo. Sin embargo, más hacia el norte, frente a Ecuador y Colombia, hemos encontrado hembras en estados de madurez muy crítica. Se necesitan más muestras de esta zona para determinar las épocas de desove.

Barrilete

El cuadro que hasta el momento emerge del examen de los ovarios de esta especie, es el de que se efectúa muy poco desove o no se opera del todo en las áreas adyacentes a la tierra continental. Esta especie desova principalmente en aguas lejanas a la costa. Los índices de gónadas de los ejemplares muestreados en áreas frente a Baja California, el Golfo de California, la costa mexicana cercas de Tehuantepec y frente a las costas de Perú y Ecuador, han permanecido bajos, lo que indica que esta especie no desova en esas localidades. Aunque algunos ejemplares han sido encontrados con ovarios en proceso de maduración en aguas frente a la América Central, y también algunos que mostraban evidencia de haber desovado, no hemos logrado encontrar ninguno en condiciones de un próximo desove. Por otra parte, se han hallado hembras con ovarios muy avanzados, en la vecindad de algunas islas alejades del continente.

Las Islas Revilla Gigedo constituyen la única área, mar afuera, en que hemos logrado obtener realmente muy buen muestreo durante todo el año. Esta región ha sido objeto de un muestreo regular durante tres años. Hemos encontrado, en cada año, hembras con ovarios avanzados, muy cercanos a la plena madurez, durante los meses de verano y otoño, a pesar de que también otras solamente presentan gónadas parcialmente desarrolladas. Pareciera que, cuando menos, parte de la población del barrilete en esas vecindades desova por allí cerca durante el período que comprende los meses de mayo a septiembre.

Estados larvales y juveniles

Aunque pueden sacarse deducciones útiles en cuanto a las épocas y lugares del desove del atún aleta amarilla y barrilete en la región del Pacífico Oriental, por el examen regular de las gónadas de las hembras muestreadas en las pescas comerciales, estas observaciones están necesariamente un poco limitadas en su valor por su indirecta naturaleza. Como el atún se traslada rápidamente, cubriendo muy largas distancias dentro de breves períodos de tiempo, es completamente posible que los lugares en que se capturan los peces con gónadas casi maduras o recientemente desovadas, estén a alguna distancia del sitio en que se efectúa la puesta. Por eso también estamos siguiendo una alternativa, y quizás más definitiva línea de investigación, mediante la recolección e identificación de los estados larvales y juveniles de los atunes en toda la región del Pacífico Oriental. La presencia de esas formas jóvenes en un área determinada puede indicar un desove reciente, porque el tiempo requerido para que fragüe un huevo de atún, es relativamente corto, unos pocos días a lo sumo, y el desplazamiento pasivo de los huevos y de las larvas recién nacidas, por las corrientes del océano, probablemente no es muy grande.

Uno de los problemas más difíciles encontrados en este estudio, es el de la identificación de los huevos y de los primeros estados del pez, desde larvas hasta juveniles. Tanto con respecto al aleta amarilla como al barrilete, poco éxito se ha alcanzado hasta hora, por eso, en la identificación específica de los huevos pelágicos, y la mayor parte del trabajo se ha concentrado, por ende, en el reconocimiento de los atunes una vez nacidos. Aún estos estudios, que han avanzado considerablemente en los últimos años, presentan ciertas dificultades, debido a la concurrencia, en nuestra área de investigación, de juveniles de diversas especies de atún y de peces parecidos al atún, fuera del aleta amarilla y el barrilete. A pesar de estos obstáculos, hemos realizado un buen progreso en 1957.

La tarea de identificar las larvas y estados juveniles del atún, se está efectuando mediante la identificación de juveniles más grandes, que son reconocibles por las mismas características de los adultos y por las descripciones publicadas por investigadores anteriores; y mediante la preparación de series identificadas de tamaños menores por comparación con estos ejemplares más grandes. El intercambio de material identificado, con investigadores que trabajan en otros lugares, también ha simplificado estos estudios al poner a disposición de nuestros científicos series de referencia. También se está pensando en el uso de los caracteres morfométricos y numéricos en la identificación de atunes jóvenes, y se está dando particular atención a las secuencias en la formación de las aletas, a la osificación y a los cambios de pigmentos. Desafortunadamente carecemos al presente de colecciones completamente adecuadas de atún aleta amarilla y barrilete para estos estudios, y por esta razón hemos tenido que concentrar esfuerzos en especies tales como la macarela fragata *(Auxis)* de la que tenemos material considerable. Sin embargo, los estudios sobre estas especies que comercialmente no tienen importancia, no carecen de valor, porque muchos de los problemas inherentes a la identificación de estos peces son comunes al aleta amarilla y al barrilete.

El material que la Comisión tiene a mano consiste principalmente en colecciones de peces jóvenes hechas a bordo de barcos pesqueros comerciales y de laboratorios flotantes, empleando redes de mano para la pesca con luz artificial; y en formas larvales que se han encontrado por medio de arrastres planctónicos hechos rutinariamente durante las expediciones oceanográficas. Las recolecciones hechas a bordo de los barcos atuneros son muy espaciadas, porque se hacen incidentalmente a otro trabajo principal, y en cambio el material planctónico es bastante abundante en cuanto a las áreas de donde ha sido sacado, aunque no con respecto a las estaciones del año. Sin embargo, la separación de las larvas de peces de otros organismos planctónicos es un proceso que consume mucho tiempo. A fines de 1957, ese proceso había sido completado en todas las muestras de plancton recogidas durante la expedición *Eastropic* de 1955 y la *Scope* de 1956 mediante 250 recolecciones. Los ejemplares escombroides encontrados en las muestras de la *Eastropic,* casi han sido identificados todos, y las larvas de atún han podido ser aisladas en más de la mitad de las colecciones de la expedición *Scope.*

Estas recolecciones de plancton han sido hechas incidentalmente con otras investigaciones y proporcionan material que cubre mucha extensión. Sin embargo, se requiere además, la investigación específica de las áreas que, de conformidad con los estudios de gónadas, parecen ser zonas de desove. Tales estudios especializados se

comenzaron en 1957 con una expedición a las Islas Revilla Gigedo. Esta región, y la vecindad de los bancos frente a Baja California fueron explorados entre el lo. y el 20 de julio por nuestros científicos, a bordo del barco-laboratorio de Scripps llamado *Orca,* con el que hicieron una serie de arrastres planctónicos en cada una de 70 estaciones. Las colecciones todavía no han sido clasificadas, pero se sabe que contienen, por el examen superficial que se ha hecho de ellas, algunos ejemplares escombroides.

Por el material identificado hasta ahora, estamos comenzando a obtener un cuadro sobre el desove del atún y de los peces escombroides relacionados con éste en el Pacífico Oriental. De estas especies podemos anotar las siguientes:

Atún aleta amarilla - Esta especie parece que desova en una extensa área del Pacífico Oriental Tropical. Ejemplares juveniles han sido recolectados desde las aguas frente a Baja California hacia el sur hasta Panamá. Las larvas encontradas en el material recolectado por arrastres planctónicos en la expedición *Eastropic,* junto con algunos hallazgos recientes de las "Investigaciones de la Pesquería del Oceáno Pacífico," indican que se produce algún desove muy afuera de la costa.

Barrilete - Sólamente dos ejemplares de barriletes muy jóvenes se han obtenido hasta ahora en aguas cercanas al continente; estos fueron pescados frente a Costa Rica en el invierno de 1947. Más recientemente se han encontrado formas larvales en aguas ecuatoriales muy afuera de la costa, en la vecindad del grado 120°O de longitud.

Barrilete negro - Esta especie parece ser más costera que los atunes comercialmente importantes, y se encuentra desde California hasta el Perú, y cerca de las Islas Galápagos. Casi todos los juveniles han sido capturados dentro de una zona de pocos cientos de millas desde la costa.

Macarela fragata - Según nuestras recolecciones, pareciera que éste es tal vez el más abundante de los peces escombroides del Pacífico Oriental Tropical, porque la gran mayoría de los ejemplares larvales y juveniles que se han recogido, en número de 1500, pertenecen a esta especie. Hemos recolectado macarela fragata en una extensa área, prácticamente en todas las épocas del año y desde la costa hasta más de 1000 millas mar afuera. El desove parece ocurrir desde Baja California hasta el Perú, alrededor de las islas situadas mar afuera y también muy lejos de tierra.

Alimento del atún

Incidentalmente con otros trabajos en el mar, hemos continuado recogiendo el contenido estomacal del atún para determinar la importancia relativa de las diferentes clases de organismos que sirven de alimento al atún. Además, avanzado el año 1957, hemos comenzado algún muestreo del contenido estomacal de atunes desembarcados con propósitos comerciales en San Diego, para complementar las recolecciones hechas por nuestros científicos en el mar, con el especial intento de determinar si los ejemplares cerca de las islas están mantenidos por una mayor proporción de especies alimenticias relacionadas con la tierra, que los ejemplares que viven lejos de las islas. Esta investigación fué decidida como resultado de las observaciones en el "Island Current Survey" (ver más adelante lo relacionado con Oceanografía y Ecología del Atún) las que indicaron que la productividad primaria y los cultivos estables de organismos pelágicos no son mayores en la vecindad de una isla (Clarion) que en aguas mar afuera en la misma región general.

Hábitos gregarios

La agrupación de atunes en grandes manchas compactas cerca de la superficie, ha originado los dos métodos de pesca conocidos; el que emplea carnada viva y el que usa redes gigantes de encierre. En consecuencia, el conocimiento de la naturaleza de estas agrupaciones es importante como base para la adopción de medidas prácticas de conservación, cuando sean necesarias.

Las dos especies se presentan, en general, en las mismas áreas y en las mismas épocas, y la mayor parte de los viajes comerciales descargan una mezcla de ambas. Para determinar que parte de las pescas hechas en cardúmenes, por los barcos rederos, está constituída por grupos puros de una sola especie y que parte de la pesca se hace en manchas formadas por una mezcla de las dos, hemos analizado previamente los registros de las bitácoras llevados por los capitanes de dichos barcos. Los resultados fueron expuestos en el Informe Anual del año anterior, y presentados con más detalles en el *Volumen II, Núm. 3* de nuestros *Boletines.* No fué posible un estudio similar con respecto a los barcos carnaderos, porque los capitanes no registran las pescas por cardúmenes individuales, tal y como lo hacen los de los barcos rederos. Para obtener datos comparables con respecto a las embaraciones que usan carnada, (clípers) los científicos de nuestro personal han llevado, durante 1956 y 1957, records de las pescas logradas en cardúmenes individuales, en el curso de viajes destinados a la marcación

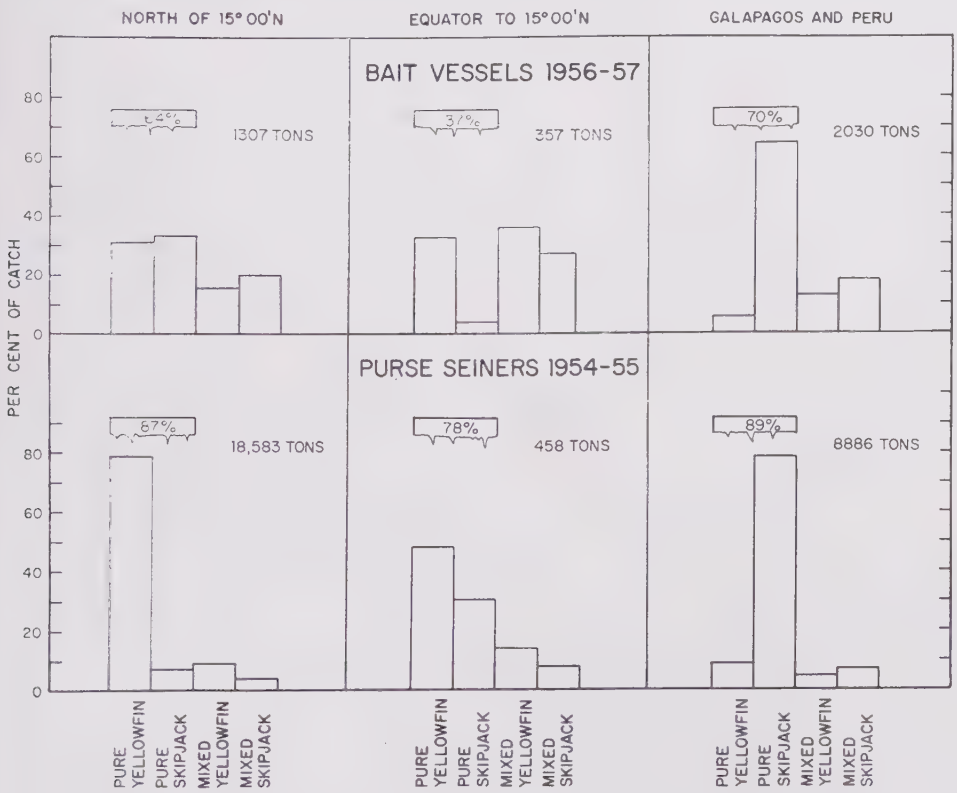

FIGURA 14. Porcentajes de las pescas, en tres regiones geográficas, realizadas por barcos carnaderos y rederos en cardúmenes puros y en cardúmenes mezclados.

de ejemplares, a bordo de dichos clípers. Estas muestras tomadas durante todas las estaciones del año, representan una pesca total de 3,694 toneladas de peces capturados por barcos carnaderos, y se considera que constituyen una muestra bastante representativa.

La variación geográfica en la agrupación por especies es evidente tanto en las muestras de los barcos carnaderos como en los records de los barcos rederos previamente estudiados. En la Figura 14 presentamos, entonces, los datos de tres regiones geográficas, con respecto a los dos sistemas de pesca, correspondiendo los datos de los rederos a los años 1954-1955 y los datos de los clípers a los años 1956-1957. En dicha figura hemos indicado, para cada sistema de pesca y para cada región geográfica, el porcentaje de la pesca total, en toneladas, constituído por aleta amarilla proveniente de cardúmenes puros de esa especie; por barrilete también proveniente de cardúmenes puros; por aleta amarilla pescado en cardúmenes mezclados; y por barrilete también sacado de manchas combinadas. La barra quebrada en la parte superior de cada gráfico representa el porcentaje de la pesca total proveniente de cardúmenes puros de una u otra especie. También se indica el tonelaje total representado en las muestras de cada categoría.

Puede verse como los clípers obtienen la mayor parte de sus pescas en cardúmenes puros, pero este porcentaje, en cada región, es algo más bajo que la cifra correspondiente a los barcos rederos. Las pescas efectuadas por uno y otro sistema, indican una mayor tendencia de los cardúmenes mixtos en la región comprendida desde el ecuador hasta el grado 15°N., que en las áreas al norte y al sur.

Rutinariamente continuamos recolectando datos de esa naturaleza, de las bitácoras de los barcos rederos y de los clípers, en el curso de los viajes dedicados a la marcación de atunes.

Estamos recolectando también datos referentes a la composición de tamaños de los cardúmenes individuales al medir las frecuencias de longitudes de las muestras tomadas al azar durante los mismos viajes en que se marca el atún. Estos datos no son todavía susceptibles de análisis porque no creemos que sean aún suficientes para un estudio detallado.

7. Investigaciones sobre oceanografía física, química y biológica y sobre ecología del atún

El marco importante de referencia en el estudio de la ecología de los atunes, como peces que llevan una vida completamente oceánica, pelágica y migratoria, es el sistema de las corrientes oceánicas y de las masas de agua, con la distribución de sus constituyentes químicos y biológicos. Esto se evidencia por las observaciones de la naturaleza que caracteriza las concentraciones del atún de importancia comercial y la variación anual y estacional de sus movimientos. Los atunes tropicales se encuentran abundantemente en el Pacífico Oriental, en ciertas áreas que de un año a otro sostienen la riqueza de ese recurso, las cuales, en la mayoría de los casos cuando menos, pueden estar relacionadas con los procesos físicos que mantienen abundante alimento para estos peces voraces. Las características de la circulación oceánica que conduce a una alta producción biológica primaria y a la concentración de organismos alimenticios, parecen ser, en consecuencia, elemento muy importante en su ecología. Sin embargo, ellas pueden

responder también a otros factores, como ocurre con la temperatura, en que hay una reacción directa como se evidencia por las migraciones estacionales hacia el norte y hacia el sur, que corresponden al entibiamiento y al enfriamiento del agua, en los dos extremos de la región latitudinal de estos peces, a pesar de la existencia de altos cultivos permanentes de organismos alimenticios en esas zonas durante todo el año. Aumentan la evidencia los cambios en la distribución del atún durante los períodos en que las condiciones oceánicas se califican de "anormales," distribución que se refleja en las pescas: Durante el año de "El Niño," 1953, la distribución de las pescas comerciales frente a la parte septentrional de América del Sur fué muy diferente a la de otros años, como se ha dicho en informes anteriores. En 1957 este fenómeno se ha presentado en forma más sorprendente. Durante la primera parte del año, las aguas calientes se extendieron hacia el sur hasta la costa peruana, y ésto persistió durante el resto de 1957. Al mismo tiempo, como en 1953 las pescas en la vecindad de Cabo Blanco, cerca de donde generalmente se localiza el límite septentrional de la corriente del Perú, han sido muy escasas, mientras que se han manifestado muy abundantes en las áreas hacia el sur, particularmente en la zona oceánica cerca de Chimbote, durante el anterior año de "El Niño." 1957 ha sido también un período de temperaturas anormalmente elevadas frente a Baja California (desde luego en todo el Pacífico Oriental y hasta tan al norte como la altura de Alaska); en correlación con ésto, los atunes tropicales han sido pescados más al norte de lo que generalmente se encuentran, se han dispersado más a lo largo de la costa de Baja California, y se han mantenido en cantidades comerciales en los bancos frente a Baja California en enero de 1958, mientras que en años anteriores desaparecían de esta área mucho más temprano.

El conocimiento de la oceanografía del Pacífico Oriental, y su relación con los atunes tropicales como base para elucidar las variaciones independientes de la pesquería en las poblaciones de atún y en el rendimiento que éstas producen, comprende investigaciones de diversa naturaleza. Sin embargo, pueden clasificarse dentro de tres categorías generales: (1) Descripción de la circulación oceánica en general, o en promedio, y distribución de las propiedades, incluyendo las biológicas, para descubrir las características que tienen relación con la alta producción primaria, y con otros factores que influencien la abundancia y distribución del atún. (2) Estudios detallados de características importantes para saber en que forma se mantienen fisicamente, y para elucidar el proceso que afecta los constituyentes biológicos y, finalmente, a las especies de atún. (3) Estudios para determinar las variaciones temporales que sufren estas características y procesos, para descubrir las causas y para relacionarlas con las variaciones en la distribución y abundancia de los atunes. El trabajo realizado durante el año pasado puede resumirse en la siguiente forma:

Topografía termoclinal

Durante el año fué terminado un estudio de la profundidad termoclinal en el Pacífico Tropical del Este, y los resultados han sido concretados en un trabajo que será publicado pronto. La termoclina ha sido leída, desde el fondo hasta la superficie, en varios miles de batitermogramas que se encuentran archivados en la Institución Scripps, y las cifras promediadas por cuadros de un grado y por estaciones, así como graficadas y delineadas para indicar las curvas correspondientes a los intervalos de profundidad.

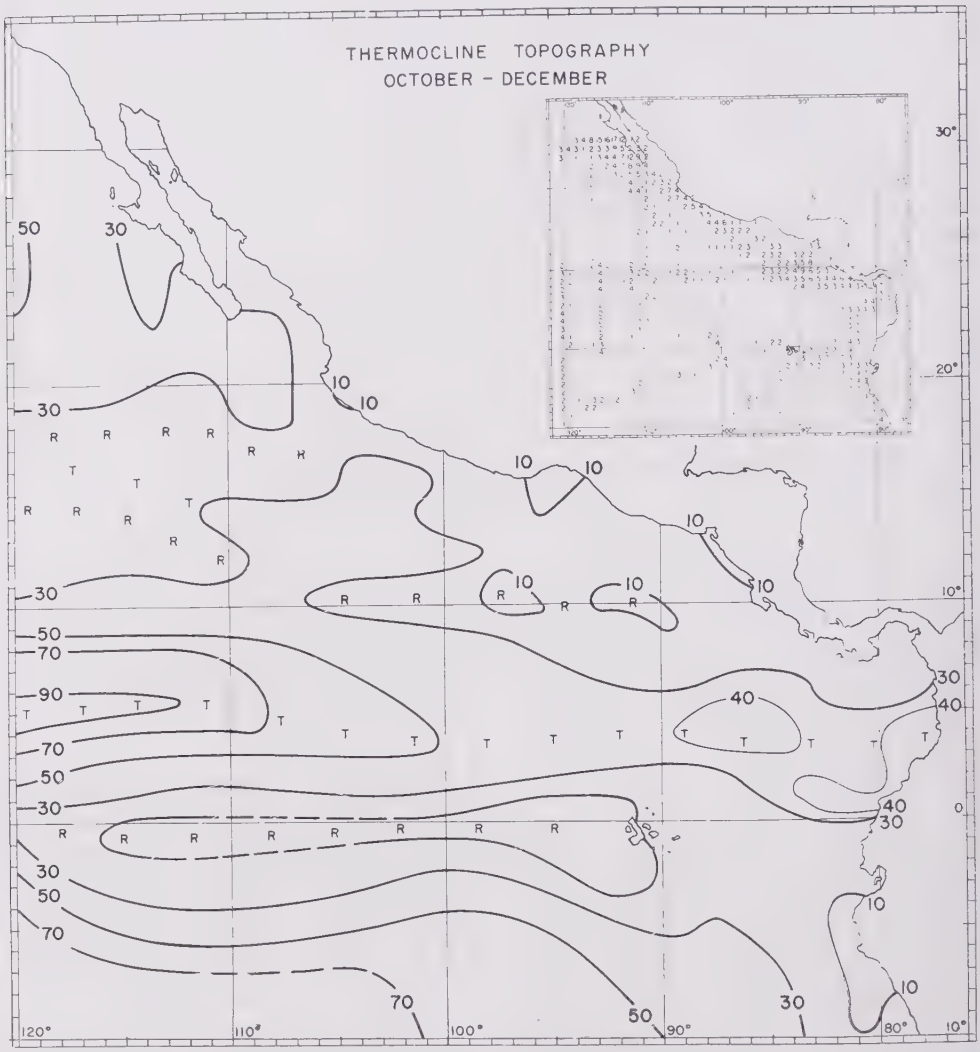

FIGURA 15. Topografía de la termoclina durante el otoño (octubre-diciembre). Los contornos muestran la termoclina del fondo a la superficie, en metros.

En los cuatro gráficos resultantes, dos de los cuales constituyen las Figuras 15 y 16, la termoclina se encuentra a una profundidad de un promedio menor de diez metros en la cúpula marina termal frente a Costa Rica, que es un área de alta producción biológica. Con base en los datos recogidos durante la expedición *Eastropic* y otras fuentes, se ha formulado una hipótesis para explicar la alta producción orgánica en esta región. A veces la termoclina está en la superficie del mar de manera que el fitoplancton puede prosperar en la existencia nutritiva en la presencia de la radiación solar. A todo momento la termoclina está muy cerca a la superficie del mar y es accesible a la mezcla vertical que "corroe" el agua rica en nutrimientos a la capa superficial. Este proceso de erosión tiene el efecto de hacer la termoclina más profunda y los experimentos de tanque han indicado que el mecanismo restorativo más probable es un

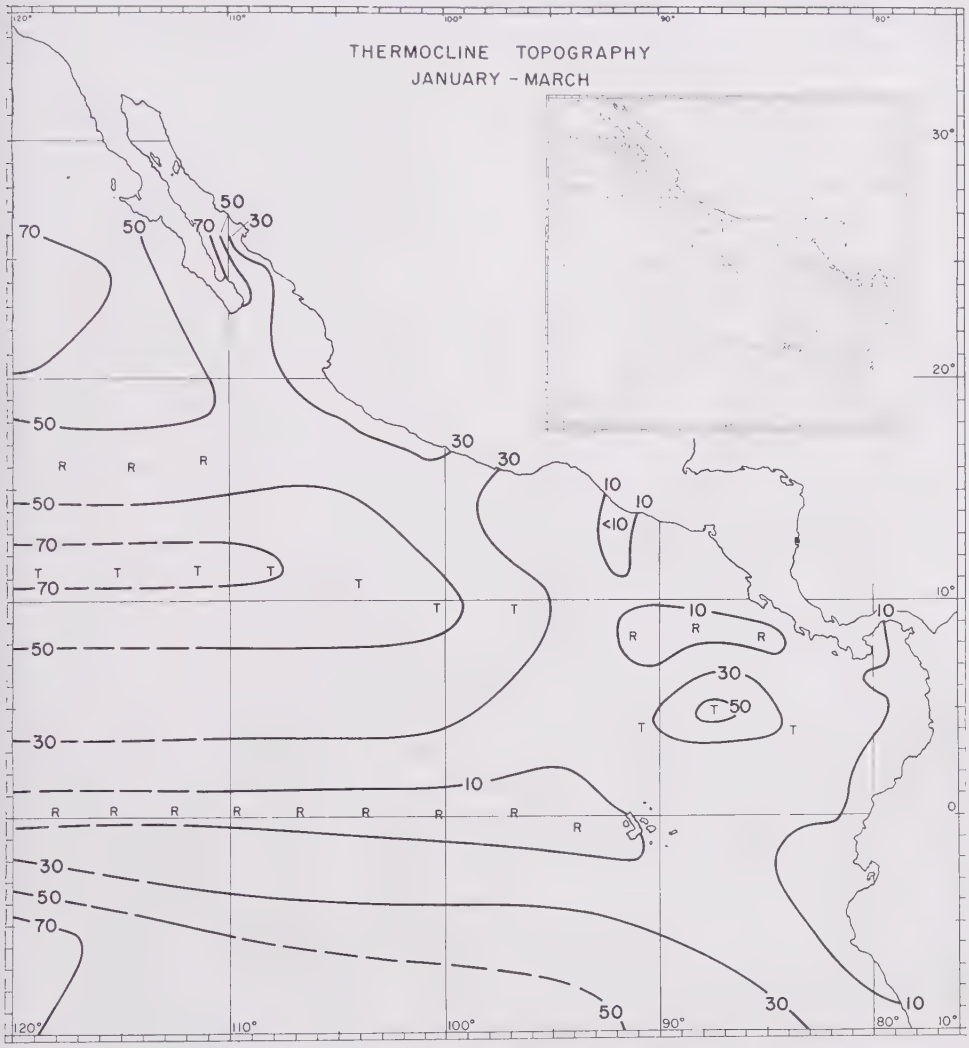

FIGURA 16. Topografía de la termoclina durante el invierno (enero-marzo). Los contornos muestran la termoclina del fondo a la superficie, en metros.

flujo gradual ascendente. De tal manera, el agua superficial en esta región puede ser enriquecida contínuamente por los efectos combinados de la mezcla vertical y el flujo ascendente.

Hay razón para esperar, entonces, que la producción orgánica ha de ser alta en donde la termoclina se encuentra cerca de la superficie del mar. Si la profundidad termoclinal es o no importante en general, es asunto de otro estudio completado durante el año, consistente en comparanlos volúmenes de zooplacton con dicha profundidad en todo el Pacífico Tropical del Este. La Figura 17 es un gráfico que representa la abundancia de zooplancton en el otoño. Si se compara este gráfico con el de la tpografía termoclinal correspondiente a la misma estación (Figura 15), se verá

como donde la termoclina es muy poco profunda, el volumen de zooplancton es invariablemente alto. Cuando la termoclina está a una profundidad intermedia, el volumen de zooplancton puede variar considerablemente. Estos resultados parecen demostrar que cuando la termoclina está en los extremos de la profundidad, ejerce un control mayor de la producción, como está indicado por los volúmenes de zooplancton, pero cuando se encuentra a profundidades intermedias, otros factores son lo que cuentan de manera importante en la determinación del volumen de la producción.

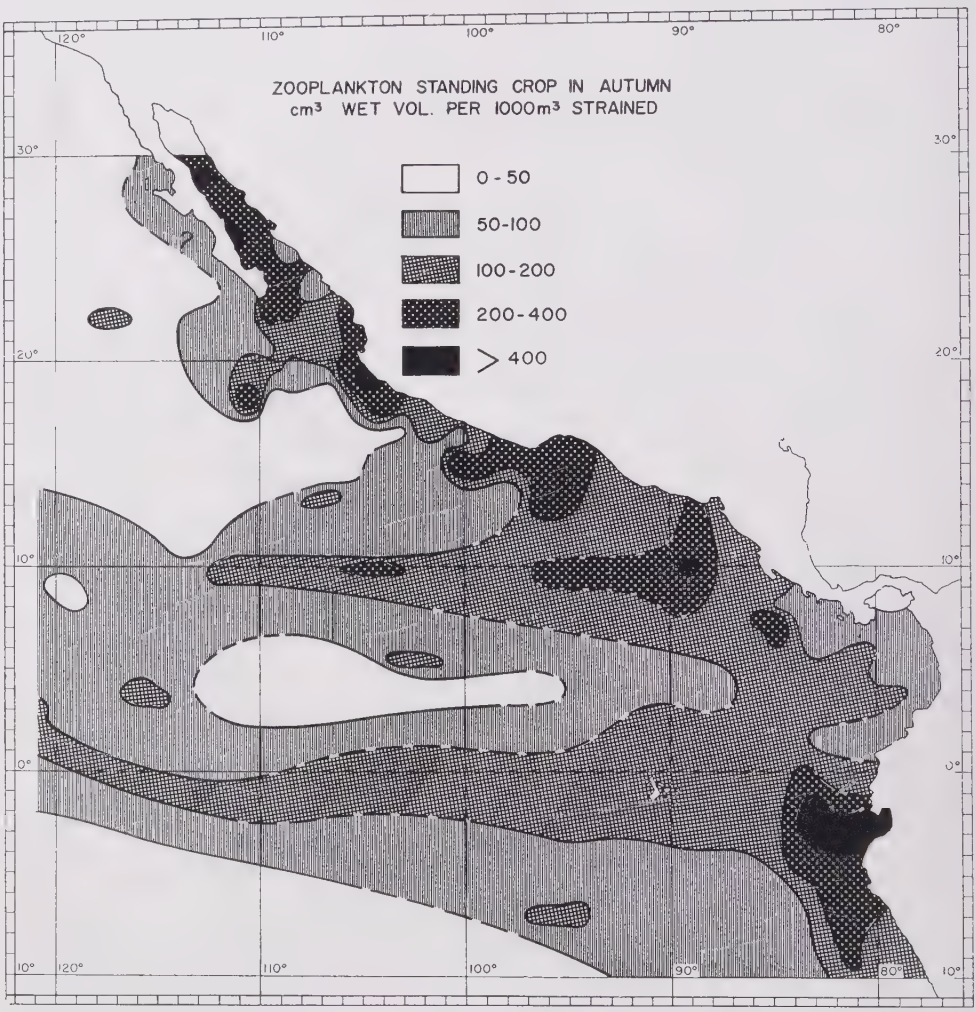

FIGURA 17. Producción estable de zooplancton durante el otoño (se incluyen también algunos datos del verano, al sur del grado 4°S. de latitud).

Corrientes

Corrientes de superficie: La topografía de la termoclina, en la forma en que está presentada en los gráficos, proporciona información sobre el promedio de la corriente en la capa superficial del mar. De acuerdo con la teoría, la corriente está a lo largo de las curvas, subiendo la termoclina hacia la izquierda de un observador que diera

el frente río abajo en el Hemisferio Norte (y hacia arriba, con dirección a la derecha de un observador que diera el frente río abajo en el Hemisferio Sur). Así, por ejemplo, en ambos gráficos de la topografía termoclinal (Figuras 15 y 16) la cúpula termal frente a Costa Rica está asociada con una corriente este hacia el sur, y una corriente oeste hacia el norte. Para comprobar esta conclusión se diseñó un gráfico correspondiente al invierno (febrero) con los datos contenidos en la "U. S. Navy Hydrographic Office Publication 570" (Figura 18). Las corrientes se encuentran en la forma indicada por los gráficos de la termoclina.

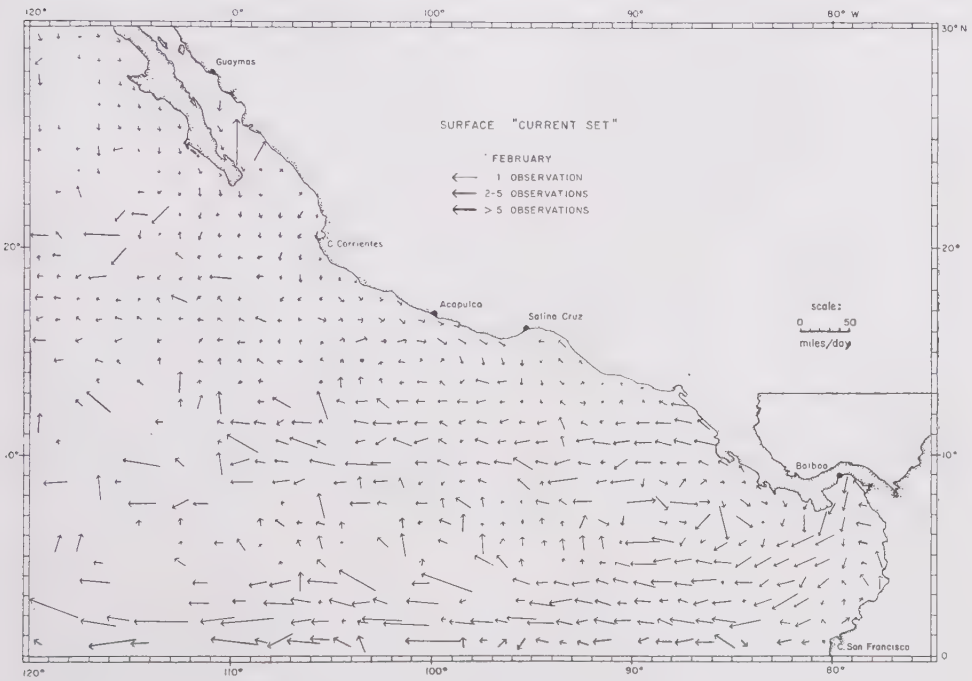

FIGURA 18. Gráfica del promedio de la corriente de la superficie durante febrero. Los vectores muestran la dirección y la velocidad media en cada cuadro de grados.

El gráfico de la topografía termoclinal correspondiente al invierno indica que no existe Contracorriente ó que ésta es muy débil en casi todo el Pacífico Oriental Tropical durante esa época. El gráfico de la corriente dá fuerza a esta conclusión; en él aparece solamente un corto segmento de la Contracorriente, al sur de la cúpula termal. Estos hallazgos sobre la corriente superficial en el Pacífico Tropical del Este han remarcado la necesidad de una serie de gráficos de las corrientes, en forma adecuada para su empleo en nuestros próximos estudios, por lo que se ha comenzado a trabajar en una serie de gráficos para cada mes, a base de los datos corrientes de la región, lo que esperamos completar durante el año venidero.

Corrientes subsuperficiales: Existe muy poco conocimiento de las corrientes subsuperficiales en el Pacífico Tropical del Este, y en cualquiera otra región oceánica, siendo estas corrientes de importancia considerable para la producción biológica. Uno de los métodos para estudiar este fenómeno es el del "análisis isentrópico." Consiste

en formar un cuadro de la distribución de las propiedades en las superficies de constante densidad potencial, en donde las lenguas indiquen los ejes de la corriente. Ha sido ya terminado el análisis de los datos recogidos en las estaciones localizadas en las expediciones *Eastropic y Scope,* y los valores resultantes nos dan material para la construcción de unos 32 gráficos isentrópicos. Se ha comenzado justamente el diseño de dichos gráficos.

Hay algún conocimiento de una fuerte corriente subsuperficial este a lo largo del ecuador (la Subcorriente Ecuatorial). El análisis de los datos de la *Eastropic,* recolectados en conexión con esta corriente han revelado que termina en alguna parte cercana a las Islas Galápagos. Un trabajo informativo de los resultados de dicho analisis está terminado en sus tres cuartas partes. Si existe alguna conexión entre esta corriente y la producción orgánica, no sabemos nada al respecto. Un estudio más detallado de esta corriente será realizado por la Institución Scripps en la primavera de 1958, como parte del programa del Año Geofísico Internacional.

Especies planctónicas indicadoras

A fin de penetrar en nuestro conocimiento sobre la relación del atún y su provisión alimenticia con la circulación oceánica del Océano Pacífico Oriental, se comenzó un estudio a fines de 1956 para examinar la posibilidad de emplear organismos planctónicos como indicadores biológicos de los diferentes medios del ambiente oceánico, y para determinar al mismo tiempo, en forma detallada, las comunidades de zooplancton de nuestra área. Desqués de una búsqueda bastante extensa entre la literatura, para saber los resultados de trabajos de esta naturaleza realizados anteriormente en investigaciones sobre pesquería marina, se seleccionaron dos grupos de animales para su estudio particular, a saber: los camarones Eufásidos y los gusanos flecha (Chaetognatha), ambos grupos comprenden especies de conocido valor como indicadores biológicos.

Como en el caso de los estados larvales del atún, la identificación de las muchas formas de Chaetognathas y Eufásidos, presenta las mayores dificultades. Para simplificar la tarea, se preparó un tipo de colección con la asistencia de investigadores que especializan en el estudio de estos organismos en la Institución Scripps de Oceanografía y en la unidad que tiene el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos en el Hawai. Además, se estableció una clave para la cuidadosa y rápida identificación de las especies de Chaetognatha de la región del Pacífico Oriental. Esta clave vá a ser publicada en breve por tener un valor general reconocido.

El zooplancton, cuyas recolecciones se hicieron en número suficiente como para ser consideradas representativas de la región, durante la expedicion *Eastropic* de 1955, se ha identificado mediante la separación de los grupos mayores y de las especies en el caso de las formas biológicas indicadoras, y se ha hecho una completa enumeración. Estos datos preliminares están siendo evaluados actualmente y parecen prometedores.

Compilaciones y análisis de los datos de la Expedición "Scope"

La "Scripps Cooperative Oceanic Productivity Expedition" (*Scope*), de la que se informó brevemente en el Reporte Anual de 1956, obtuvo, en el otoño de ese mismo año, una gran cantidad de datos sobre las variaciones geográficas en la producción primaria y en los cultivos estables de organismos fito y zooplanctónicos, así como

sobre los factores físicos y químicos en el área oceánica entre Baja California y Panamá. También se hicieron durante la expedición, observaciones detalladas para elucidar los fenómenos físicos, químicos y biológicos en las vecindades de la cúpula termal frente a Costa Rica.

Durante 1957 se procesaron, compilaron y prepararon en informe, para su publicación en la serie de "Reportajes Científicos Especiales" del "U. S. Fish and Wildlife Service," los datos recogidos por las observaciones hechas en el curso de la antes citada expedición. En este informe han sido también incluídos algunos análisis preliminares de los datos sobre productividad y cultivos estables de los organismos permanentes que constituyen la base de la cadena alimenticia, trabajo que fué realizado por el personal de la Comisión y por científicos de la Institución Scripps.

Se continúan los análisis de los datos de la *Scope* de los que se han hecho cargo los científicos de Scripps pero con la colaboración de nuestro personal; los resultados se darán a conocer en varias publicaciones futuras.

Planes para la expedición Scot

En el curso de los cruceros *Eastropic* y *Scope*, durante los meses del otoño, se hicieron determinaciones de la productividad, de los cultivos estables de fitoplancton y zooplancton y de otros fenómenos biológicos en relación con los factores físicos y químicos. Para obtener informes comparativos de la estación opuesta del año, se han hecho arreglos en el sentido de efectuar una expedición de estudio general en los meses de mayo y junio de 1958, participando en ella miembros de nuestro personal y científicos de la Institución Scripps, bajo contrato con el "U. S. Fish and Wildlife Service." Esta expedición, "Scripps Cooperative Oceanography and Tuna Expedition" (*Scot*) cubrirá la misma área que recorrió la *Scope*, pero también trabajará más hacia afuera, en la vecindad de la frontera norte de la Contracorriente Ecuatorial, cerca del grado 10°N. de latitud.

Durante la última parte de este crucero, planeamos hacer también una extensa serie de arrastres planctónicos para la obtención de larvas de atún en el área frente a México, entre el Golfo de Tehuantepec y las Islas Tres Marías, la cual según los resultados de los exámenes de gónadas, parece ser un centro de desove del atún aleta amarilla en esa época del año.

Así mismo, tenemos el propósito de investigar, particularmente en la región cercana a las Islas Tres Marías y cerca del extremo de Baja California, en donde prevalecen tales características, la estructura detallada de los "frentes" oceanográficos. Estimamos que estas frentes constituyen un mecanismo importante para la concentración de organismos alimenticios que, a su vez, atraen las agrupaciones de atún. (Ver capítulo siguiente sobre el "Island Current Survey").

"Island Current Survey"

Es bien sabido, por las observaciones de los pescadores y de los científicos, que los atunes tropicales son encontrados en la vecindad de las islas situadas mar afuera, en mayor abundancia que en las aguas adyacentes del mar abierto. Se ha lanzado la hipótesis de que las islas modifican la circulación vertical, lo que hace subir los ele-

mentos nutritivos desde las aguas más profundas hasta la capa marina de la superficie, levantando así las cosechas de organismos alimenticios. Con el objecto de examinar estos fenómenos en el caso de una isla típica, mar afuera, cerca de la cual se hacen grandes pescas de atún, el personal de la Comisión realizó, del 8 de mayo al 12 de junio

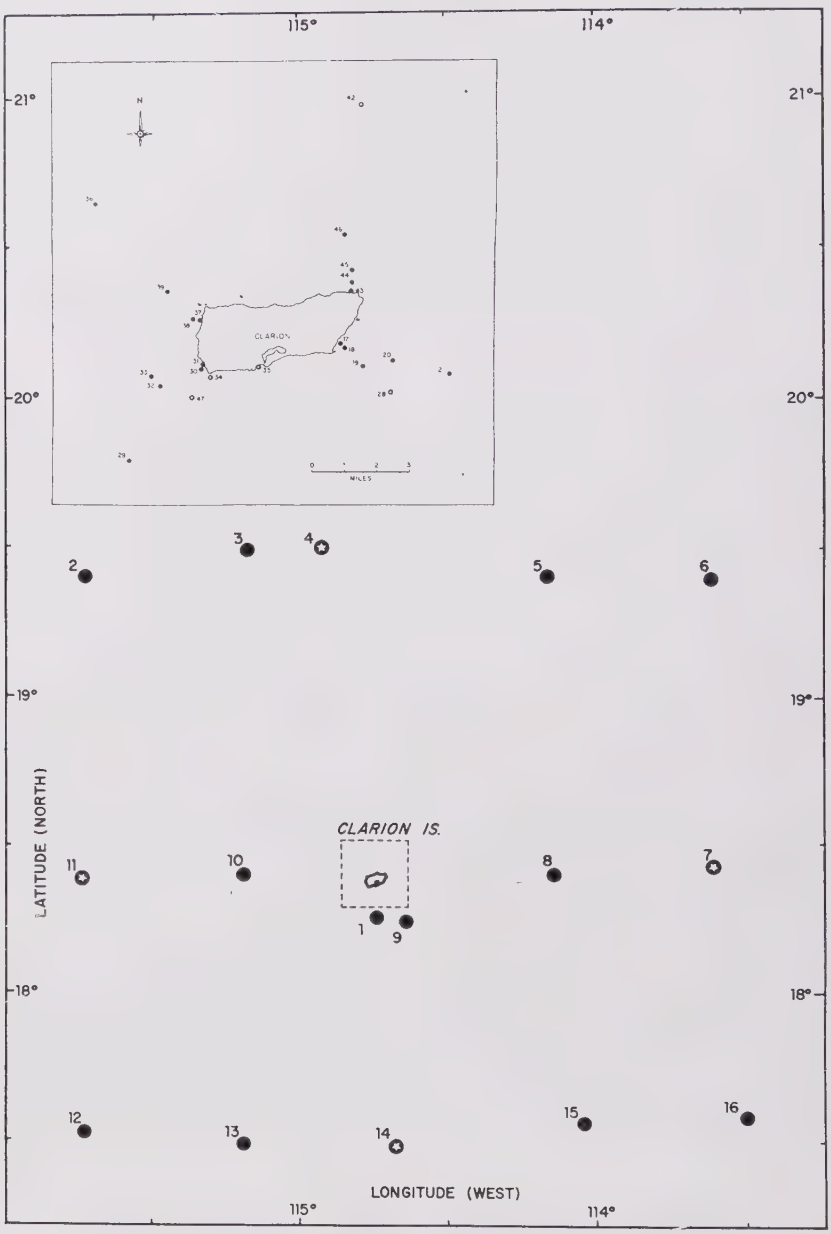

FIGURA 19. Posición de las estaciones en el "Island Current Survey." El mapa insertado muestra las estaciones localizadas dentro del cuadro demarcado por las líneas a rayas en el gráfico principal.

de 1957, una expedición a la Isla Clarion, del grupo Revilla Gigedo, a bordo del barco-laboratorio de la Scripps, el *Spencer F. Baird.*

El estudio de la Isla Clarion cubrió un recorrido de 16 estaciones, localizadas en diversos puntos mar afuera para determinar las condiciones oceánicas, y de 20 estaciones cercanas, extendiéndose en algunos casos directamente hasta la isla, a fin de localizar las condiciones en todos los extremos (Figura 19). Se hicieron determinaciones detalladas de las distribuciones horizontales y verticales de la temperatura, salinidad, oxígeno, fosfato inorgánico, nitrato, alcalinidad y pH, y simultáneamente observaciones sobre los cultivos estables de zooplancton y fitoplancton, luz submarina y proporción de la fijación de carbón mediante la técnica C^{14}. También se hicieron estudios de las corrientes superficiales por medio del GEK y de anclas flotantes.

Los análisis preliminares de los datos a bordo, no revelaron ningún efecto notorio de la presencia de la isla, ni aún en la zona de la marejada. El agua de la superficie tenía una temperatura uniforme, y las concentraciones de elementos nutritivos de la capa superficial eran también uniformes. Las concentractiones de fitoplancton no mostraron ningún aumento en la vecindad de la isla. La producción de zooplancton se manifestó típicamente baja para la región, y uniformemente baja dentro de los alrededores poco profundos de la isla. Las corrientes superficiales alrededor de Clarion se mostraron esencialmente desordenadas o azarosas. Los estudios posteriores de los datos, en tierra, aunque preliminares también, tienden a confirmar estas indicaciones iniciales de que la isla no tenía efecto en las cantidades medidas. Con todo, en los días de la expedición, los clípers atuneros obtenían pescas excelentes de aleta amarilla y barrilete en los alrededores de la Isla Clarion.

A pesar de que es prematuro sacar conclusiones, nos inclinamos a creer que el alimento es el mayor atractivo de la Isla Clarion y que, por lo menos en esta área, la producción de alimento puede sobrepasar parcial o enteramente la secuencia acostumbrada de enriquecimiento de la capa superficial, con el subsecuente aumento en plancton y, finalmente, en forraje para el atún. Parece razonable postular que el alimento disponible para este pez puede depender, tal vez en una extensión apreciable, de la contribución de las plantas bénticas en el substrato de la isla, a la cadena alimenticia, y que este mecanismo, acoplado a la producción oceánica usual, puede crear alrededor de la Isla Clarion una gradiente de alimentos más alta que la de las áreas de los alrededores, lo que constituyen atractivo para el atún. Sin embargo, no podríamos dar por sentada enteramente la posibilidad de que el aleta amarilla y el barrilete estén vinculados con la tierra por otros estímulos.

Durante el curso de la expedición, también se dedicaron unos pocos días al estudio de un "banco de 15 brazas" de cuya existencia se había informado recientemente, localizado aproximadamente 180 millas al suroeste de la Isla Clarion, en el grado 16°52′ N de latitud y 117°30′ O de longitud. Este banco es exactamente la cumbre de una montaña marina que se levanta de un fondo a 2000 brazas de profundidad y que comprende alrededor de un área de una milla cuadrada, de menos de 60 brazas. El volumen de la vida marina asociada al banco en referencia fué ciertamente impresionante, y la posible potencialidad del área como zona para la pesca del atún, salta a la vista por su contribución, que exedió a 600 toneladas y de la cual se aprovecharon los pocos barcos que han visitado hasta ahora la localidad en 1957.

Uno de los resultados del "Island Current Survey" ha indicado la posible importancia de las "transiciones" o "frentes" como mecanismo biológico de concentración. Durante la investigación se encontró un cambio abrupto de temperatura cerca del grado 25°N. Se hicieron arrastres para la obtención de zooplancton a cinco millas de distancia a cada lado de la localización de este cambio de temperatura, y un tercer arrastre se hizo immediatamente en el propio lugar del cambio. La abundancia de zooplancton en la transición fué cuatro veces mayor que en el agua fría al norte, y dos veces mayor que en el agua tibia al sur. Durante la expedición *Scot,* en la próxima primavera, se dedicará tiempo a las mediciones físicas, químicas y biológicas detalladas en las vecindades de las transiciones, para determinar su efectividad en la concentración de las poblaciones biológicas.

Investigaciones de los constituyentes químicos asociados con los fenómenos biológicos

Se están aplicando, las observaciones hechas en varias expediciones, a los estudios de los constituyentes químicos disueltos que tienen relación con la producción biológica y la putrefacción. En el Pacífico Oriental Tropical la producción biológica es relativamente alta, y en particular a lo largo de las costas de América Central y del Perú. En las recientes expediciones de la Institución Scripps y la Comisión, se han concentrado los esfuerzos en el estudio del área altamente productiva frente a la América Central, a fin de conocer las condiciones físico-quimicas asociadas con el ciclo biológico en esta importante región para la pesca del atún. Una característica notable relacionada inmediatamente con la producción, es la presencia baja y a veces ausencia de oxígeno debajo de la termoclina. Esta característica se encuentra frente a la costa Americana y se extiende hacia el oeste como una cuña. Uno esperaría manifestaciones de esta condición extrema, no encontrada en otra región oceánica, en la concentración de elementos nutritivos y tal vez en la modificación de los procesos corrientes de putrefacción. En consecuencia, se han hecho determinaciones de nitrito, nitrato, pH, alcalinidad y oxígeno disuelto. Estas determinaciones han revelado los efectos de la flora y la fauna marinas en diversos sentidos.

En el agua, con bajo contenido de oxígeno, se encuentra siempre un máximum de nitrito en la capa en que el oxígeno es mínimo, o cerca de ella (200-400 m), cuando el contenido de nitrato es moderadamente alto. Esto sugiere la hipotésis de que este intenso máximum de nitrito resulta de la reducción de nitrato. Además del máximum intenso, un segundo máximum de nitrito, probablemente debido a la oxidación de amonio, se encuentra generalmente asociado a la termoclina.

Las determinaciones de alcalinidad y de pH permiten computar la concentración de dióxido de carbono, relativamente alta en esta región. La distribución de dióxido de carbono está siendo estudiada en conexión con la putrefacción de organismos. Está en preparación un trabajo para presentar estos datos concernientes a la producción orgánica y a la putrefacción, así como algunas conclusiones tentativas al respecto.

Observaciones de series de tiempo

Como base necesaria para investigar las relaciones entre las variaciones temporales en los factores oceanográficos y las variaciones temporales en la abundancia y en la disponibilidad que presenta el atún a la pesquería, debemos obtener una serie de tiempo de las mediciones de los parámetros oceanográficos. Las observaciones existentes de

las temperaturas y niveles del mar y de los fenómenos meteorológicos en las estaciones costeras, que son recogidas por varias entidades, son valiosas a este respecto, como lo son también las observaciones recogidas por los barcos mercantes que son registrades por la Oficina Meteorológica y la Oficina Hidrográfica de los Estados Unidos. En nuestra región del Pacífico, sin embargo, estos datos son escasos e inadecuados. Por eso intentamos obtener, en series de tiempo, determinaciones de los factores oceanográficos en otras formas.

Uno de los medios para conseguir ésto, es la recolección de las observaciones hechas por los barcos atuneros dedicados a la pesca comercial. Muchos capitanes de la flota registran rutinariamente la temperatura de la superficie del mar; nosotros graficamos estos datos en gráficos para cada mes. A fin de obtener más y majores informes de esta clase, estamos también instalando termógrafos en algunos barcos; hasta ahora han sido equipados nueve barcos. De ellos hemos obtenido records sobre veinte viajes que se extienden desde San Diego hasta localidades tan al sur como las aguas frente a Chile.

Se ha intentado también obtener observaciones batitermográficas de los barcos de atún. Sin embargo, estas observaciones requieren más atención y tiempo de lo que podría esperarse que dedicaran los pescadores comerciales, que están interesados principalmente en hacer su vida de la pesca. Por eso se han abandonado las esperanzas de obtener grandes cantidades de datos mediante los batitermógrafos. Los equipos han sido y continuarán siendo instalados para ciertos viajes en que van a bordo grupos de la Comisión encargados de marcar atunes, y siempre que sea posible a los miembros de nuestro personal científico obtener algunos datos por este medio.

Con el objeto de conseguir, en series de tiempo, datos sobre oceanografía física en estaciones localizadas en áreas de particular interés para nosotros, estamos trabajando en la instalación de instrumentos en islas mar afuera y en puntos costeros de conveniencia. Un registrador de niveles y temperatura del mar, provisto por nosotros, ha sido instalado en la Isla Socorro, mediante un arreglo cooperativo entre la Institución Scripps y una oficina de la Universidad de México. También hemos procurado algún equipo para las estaciones localizadas en las Islas Galápagos, debiendo ser instalado durante el Año Geofísico Internacional. Así mismo, hemos instalado registradores de temperatura en Zorritos y Máncora, Perú, y esperamos efectuar otras instalaciones en cooperación con el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas de ese país.

Boyas registradoras, que prepara la Institución Scripps, nos permitirán obtener datos de series de tiempo sobre áreas mar afuera, independientes de las islas. Tenemos buenas perspectivas en cuanto a boyas capaces de medir la temperatura de diversas profundidades, que estarán en operación durante el año venidero.

Hay un instrumento que creemos podrá tomar, sin ser atendido, datos sobre temperatura durante largos períodos; se trata de un registrador de temperatura a largo plazo, diseñado por la Institución Oceanográfica de Woods Hole. Un modelo fué obtenido por nosotros en el curso del año, pero las pruebas hechas en La Jolla revelaron pequeños defectos en el diseño. La Pruitt Manufacturing Company construye un instrumento para la Comisión, en que han sido eliminados esos defectos. La fecha

de entrega es el primero de febrero de 1958; después de que se hayan hecho nuevas pruebas en aguas locales, esperamos emplear instrumentos de este tipo en la recolección de datos.

Se está progresando en el análisis de ciertos datos que ya existían de las series de tiempo; se espera que estos análisis nos ayudarán a designar y a localizar futuras instalaciones para obtener datos en la forma más útil. Uno de los objetos del presente estudio, bajo la dirección del Profesor Munk de la Institución Scripps, es determinar la distribución de la energía que desarrollan las oscilaciones del nivel del mar y de las variables meteorológicas y oceanográficas asociadas, de frecuencias menores de un día. El método comprende una extensa reducción numérica de los datos, y los cálculos serán hechos por medio de computadores electrónicos. El resultado será el conocimiento de lo que podría ser llamado el "tiempo" en el océano; por ejemplo, las variaciones del órden de 1-30 días, en oposición a las variaciones estacionales o a largo plazo. Inicialmente serán analizados los datos de 50 años sobre niveles del mar y vientos, recogidos en Balboa, Panamá, junto con los datos de otras estaciones en los trópicos.

Relación de la meteorología y la oceanografía en el Pacífico del Este

El Departamento de Meteorología de la Universidad de California en Los Angeles ha sido contratado por la Comisión para estudiar la meteorología del Pacífico Oriental Tropical, debiendo darse mayor atención, primero, a las situaciones meteorológicas consideradas importantes en relación con "El Niño." El trabajo comenzó el primero de junio de 1957.

Hasta la fecha, ha sido estudiada toda la literatura que se ha producido sobre "El Niño," y pareciera que todavía no se encuentra una explicación satisfactoria sobre ese fenómeno. Los científicos de la U. C. L. A. (Universidad de California, Los Angeles) consideran que la distribución de la presión total en el Pacífico Sureste puede ser una característica relacionada con dicho fenómeno, o quizás una característica decisiva. Por eso se están diseñando y comparando los perfiles de la presión en los años durante los cuales se presentó "El Nino," con los de años en que no se presentó. Los datos inadecuados del océano meridional hacen difícil esta tarea, pero se cree que por lo menos puede llegar a establecerse la base para un conocimiento real de este fenómeno, rechazando cualquier hipótesis débil y sentando una hipótesis razonable para futuras pruebas.

8. Investigaciones sobre la biología, ecología e historia natural de los pecas-carnada

Los peces que se usan como carnada para la captura del atún en el Pacífico Oriental Tropical están comprendidos predominantemente en cinco especies: anchoveta, sardina de California, sardina de las Galápagos, anchoa nórdica y anchoa sureña (Tabla 3). De éstas, la sardina de California y las dos especies de anchoas son empleadas por otras pesquerías en más grandes cantidades que en la pesquería de atún; estas especies reciben atención de otras organizaciones dedicadas a investigaciones. Aunque la sardina de las Galápagos es usada solamente por la pesquería de atún, como lo es la anchoveta, las cantidades que se pescan con ese propósito son pequeñas en relación con las de esta última especie, que es la más importante carnada que emplean los

pescadores de atún. La anchoveta es la única especie susceptible de ser afectada apreciablemente por la pesquería y, en consecuencia, nuestras investigaciones continúan concentrándose en ella.

Hasta 1956, las investigaciones se encaminaron principalmente a los estudios sobre la estructura de la población, la edad, la proporción del crecimiento y el desove de la anchoveta en cada una de las áreas de importante producción de esta especie entre México y el Golfo de Guayaquil. Mientras estos estudios continúan, se está dando considerable atención a los primeros pasos de la historia natural y a la ecología de este pez.

Las características raciales, la edad, la proporción del crecimiento y el desove de las poblaciones de anchovetas de las más importantes localidades en que se encuentran, son estudiadas mediante el examen de las colecciones hechas por los pescadores de atún y por parte de nuestro personal científico, éste último constituído principalemente por miembros de los laboratorios regionales establecidos en Panamá y Costa Rica. Los datos en cuanto al trabajo sobre la temprana historia natural y ecología, son obtienidos en los laboratorios regionales. El de Costa Rica continúa la evaluación de los resultados del trasplante de anchovetas del Golfo de Panamá al Golfo de Nicoya en octubre de 1953.

Hace cuatro años se hizo un estudio de ejemplares de anchovetas de las seis áreas productoras más importantes: Almejas, Guaymas, Punta Ahome, Golfo de Fonseca, Golfo de Panamá y Golfo de Guayaquil. Se encontraron diferencias claras en diversos caracteres numéricos, lo que indica que hay muy poco o ningún intercambio de anchovetas entre esas áreas. Durante el año pasado se realizó un estudio adicional, incluyendo nuevas localidades en las cuales se habían hecho recolecciones, y comparando otros caracteres numéricos y morfométricos. Los propósitos de esta segunda investigación de caracteres raciales eran los de complementar y verificar los resultados del estudio anterior, para determinar si las diferencias encontradas entre las poblaciones de distintas áreas, persisten de un año a otro, y para averiguar si entre los peces de las áreas cuyas colecciones no teníamos previamente a nuestra disposición, también había distintas poblaciones de anchovetas. Las áreas nuevas estudiadas fueron las de San Felipe, en la cabeza del Golfo de California, Bahía Banderas y el Golfo de Tehuantepec en la costa mexicana, el Golfo de Nicoya, la Bahia de Montijo en Panamá y Punta Soldado en la costa de Colombia. Los resultados de la segunda investigación concuerdan con los del trabajo anterior. El gran radio de variación entre localidades, en algunos de los caracteres raciales, así como el hecho de que las diferencias entre las áreas persisten de un año a otro, nos da mayor evidencia de que hay muy poca o ninguna mezcla de las poblaciones de anchovetas entre las diversas localidades a lo largo de las costas de México, América Central, Colombia y Ecuador.

Además de estas investigaciones raciales, obtuvimos una contribución más en este campo de estudios, que debemos a un biólogo alemán que disfrutaba de una beca en la Institución Scripps de Oceanografía en 1956. El investigó la anatomía del intestino de varias especies de anchoas, y encontró que ésta es una característica de utilidad en la identificación de grupos sistemáticos y para captar diferencias entre las mismas especies de regiones diferentes. Particularmente encontró que existen diferencias significativas

en la longitud intestinal entre las anchovetas del Golfo de Panamá, el Golfo de Fonseca y la Bahia de Almejas. Los resultados de este estudio serán publicados en uno de nuestros *Boletines* en los primeros meses de 1958.

Desde 1951 la Comisión ha obtenido, gracias a la cooperación de la flota atunera, colecciones de peces-carnada de las diversas áreas de pesca del Pacífico Oriental. Nuestro personal ha complementado las muestras de anchovetas con sus propias recolecciones. Las colecciones de anchovetas han sido examinadas detalladamente para obtener información sobre la edad, proporción del crecimiento, madurez sexual y desove de las diversas poblaciones. Al Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos se le entregan muestras de sardinas y anchoas para la investigación que está efectuando sobre la sardina de California y la anchoa nórdica. Algunas de las muestras de las especies de menor importancia se retienen en nuestros laboratorios para un examen futuro.

Muestras adecuadas de anchovetas, de las más importantes áreas de pesca han sido acumuladas para hacer posible la determinación de la edad y la proporción del crecimiento al seguir la progresión de los grupos modales en la distribución de las frequencias de longitudes. El examen macroscópico de las gónadas y las mediciones de los huevos ováricos han revelado cuando desova cada una de las diferentes poblaciones.

En el Informe Anual correspondiente a 1955 se incluyó un gráfico con la estimación de la proporción del crecimiento de la anchoveta en el Golfo de Panamá. Los estudios del material de esta región demuestran que la anchoveta crece rápidamente y que es una especie de corta vida. A pesar de que registra poca variación de un año a otro, este pez alcanza una longitud de unos 125 milímetros al completar su primer año de vida; 145 milímetros al cumplir los dos años, y unos 160 milímetros después de los tres años. Muy pocos de los peces viven más de tres años. Las estimaciones de la abundancia relativa de los tres grupos de edades indican que, en promedio, la población está constituida en más del 90 por ciento de individuos en su primer año y en menos del 10 por ciento de peces en su segundo año de vida. El porcentaje en el tercer año es pequeño, probablemente menor del uno por ciento.

Los estudios de las colecciones de otras áreas importantes de pesca de carnada, evidencian que la proporción del crecimiento es casi idéntica a la de Panamá, y que estas poblaciones probablemente no están compuestas por más de tres grupos de edades. De modo similar, los peces en su primer año predominan en todas las regiones, pero los que están en su segundo y tercer año de vida prevalecen más en algunas áreas, tales como Guaymas, que en Panamá.

La población de anchovetas desova anualmente en el Golfo de Panamá. La reproducción comienza en octubre y termina en el siguiente enero. A pesar de que el máximum del desove se registra en noviembre y diciembre de cada año, se ha encontrado alguna variación de un año a otro en la intensidad del desove, en octubre y enero. Las anchovetas se reproducen por primera vez cuando alcanzan un año de edad, y cada hembra aparentemente produce solo una camada de huevos durante el período del desove. Aunque los peces de dos años ó mayores parecen alcanzar su

madurez sexual con un poco de adelanto respecto de los del primer grupo, éste puede, sin embargo, terminar su desove algo más temprano.

En las otras áreas estudiadas, la pauta de la reproducción es similar, pero hay notables diferencias en la época del desove y en su duración cada año. Por ejemplo, en Guaymas y en Punta Ahome el desove ocurre de julio a octubre, mientras que en el Golfo de Fonseca el período es por lo menos entre agosto y marzo. Las pocas recolecciones de ejemplares adultos examinados indican que las anchovetas que habitan la costa de Colombia desovan probablemente en la misma época que las de Panamá.

En octubre de 1956 se inició una intensa investigación sobre las primeras manifestaciones en la historia natural de la anchoveta del Golfo de Panamá. Como pre-requisito necesario para la delineación de las áreas de desove, la determinación de los resultados de éste en relación con los cambios en el ambiente, y para otros estudios de la temprana historia natural de la anchoveta, debe darse énfasis a la identificación de los huevos y las larvas. La identificación de éstas últimas no constituye un simple problema, porque muchas otras especies de anchoas y arenques, relacionadas muy de cerca con la anchoveta, habitan las mismas aguas. El huevo fué identificado dentro del material que se recolectó durante la época del desove de 1956, y se reunió también un gran número de colecciones de anchoas en estado larval. Los estudios durante el período de reproducción de 1957, que continúan en los momentos presentes, se encaminan principalmente hacia la identificación de los estados larvales de la anchoveta y a determinar con exactitud las áreas en que las anchovetas desovan en el Golfo.

El huevo de la anchoveta fué positivamente identificado por su predominio en el plancton obtenido en arrastres con redes apropiadas durante el período de desove de esta especie, y por comparación de los huevos pelágicos con los huevos ováricos de individuos en proceso de maduración sexual. En el curso de la separación de los huevos de anchoveta, que tienen forma de óvalo, de los de otras especies de anchoas (cuyos huevos son de la misma forma) se tomaron medidas de la longitud y el ancho de muchos miles de huevos. Para separar los modos en la distribución de frecuencias de longitudes, se empleó papel de probabilidad. Además del modo predominante que fué atribuído al huevo de la anchoveta, se identificaron otros 12 o 13 modos, lo que indica que muchas otras especies de anchoas desovan durante la misma época de la anchoveta. Sin embargo, las cantidades de estos huevos, fueron pequeñas en comparación con las de la anchoveta.

El huevo identificado como puesto por la anchoveta fué encontrado en arrastres planctónicos de octubre de 1956 a enero de 1957. Aunque no se encontró de febrero a septiembre de 1957, meses que corresponden al período en que las gónadas de la anchoveta no están maduras sexualmente, si aparecieron en el plancton, durante ese tiempo, huevos de muchas otras especies de anchoas.

El desove de la anchoveta se produce entre 0100 y 0400 horas. El empollamiento de los huevos es rápido. El cierre del blastoforo se completa en 1200 horas y el empollamiento comienza a las 2200 horas. Se encubaron huevos planctónicos en el laboratorio para confirmar estas observaciones. Algunas de las larvas nacidas de estos huevos fueron mantenidas vivas durante 96 horas. El crecimiento fué rápido en las doce primeras horas, mientras hubo una buena provisión de yema, pero después aminoró

rápidamente y cesó cuando la reserva de la yema se terminó entre 36 y 48 horas. 96 horas después de la absorción del saco de yema, la longitud promedio no aumentó apreciablemente, aunque si ocurrieron remarcables cambios morfológicos. Este material deberá ser de gran ayuda en la identificación de los primeros estados larvales en las recolecciones de plancton.

La identificación y descripción de los estados larvales de la anchoveta desde el momento de su salida del huevo hasta los 25 milímetros, todavía no han podido realizarse, porque los esfuerzos de investigación se han concentrado en el huevo. Los estudios larvales están recibiendo ahora mayor atención. Para este trabajo tenemos a la disposición colecciones adecuadas de larvas de anchoas, y se espera conseguir un buen progreso durante el próximo año.

Durante la época del desove 1956-57 (de octubre a enero) la región comprendida entre la entrada al Canal de Panamá y Punta Mangle (unas 40 millas al suroeste) fué extensa e intensivamente investigada con respecto a huevos y larvas. Esta área fué estudiada como proyecto piloto cuyos resultados se están aplicando a todo el Golfo durante la estación 1957-58, a fin de determinar con precisión las áreas de desove y la distribución de larvas y juveniles.

Las anchovetas desovan en aguas que tienen generalmente 5 brazes o menos de profundidad dentro de una extensión de 5 millas desde la costa; parece existir más actividad en la vecindad de las bocas de los ríos. La subsecuente dispersión de los huevos debida a los efectos de la marea y la corriente, hace que éstos sean encontrados a una distancia de ocho millas, por lo menos, mar afuera, algunas horas después del desove.

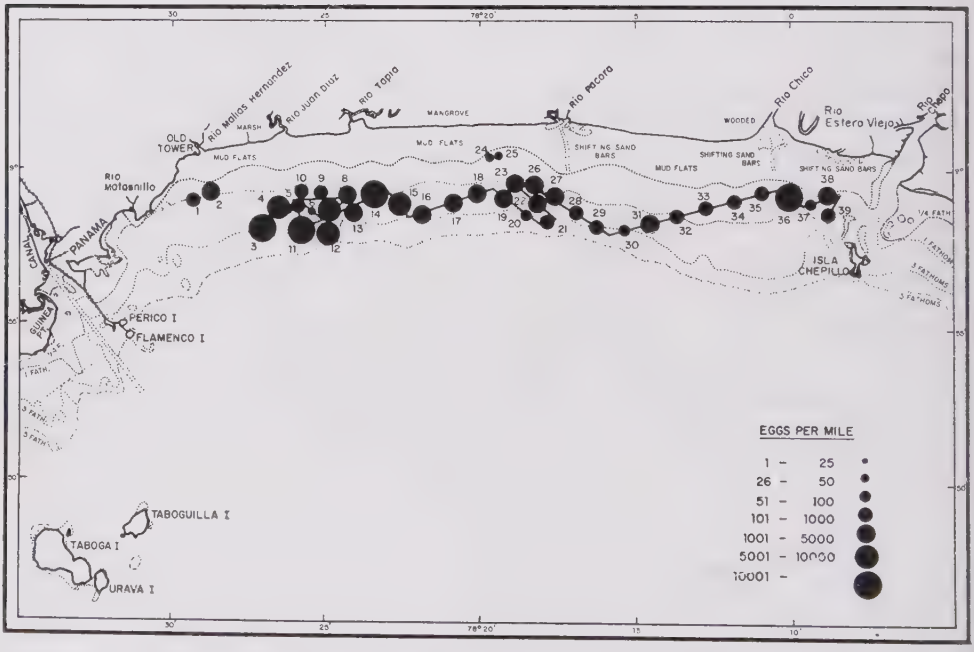

FIGURA 20. Exploración en la búsqueda de huevos de anchoveta, en una sección del Golfo de Panamá, el 14 de noviembre de 1956. Las cifras indican el número de serie de los arrastres planctónicos.

Durante la estación 1956-57, los huevos se obtenían en el plancton sacado por medio de arrastres con mangas planctónicas, generalment a lo largo de casi toda la costa, entre la entrada del Canal y Punta Mangle. Frecuentemente se sacaban muchos miles de huevos en un solo arrastre de 15 minutos con una red de medio metro tirada a una velocidad de 3 a 4 nudos. La Figura 20 representa una recolección típica de huevos, comenzando con 0800, el 14 de noviembre de 1956, un poco al oeste de la Ciudad de Panamá, y terminando con 2030 el mismo día en la vecindad de la boca del Rio Chepo, unas 22 millas afuera. Los numeros indican las sucesivas localidades en que se hicieron arrastres de 15 minutos con una red de medio metro. Los círculos rellenos representan el número de huevos de anchoa capturado por milla. En esta recolección, entre el 90 y el 95 por ciento de los huevos capturados eran de anchoveta. Algunos de los arrastres de 15 minutos produjeron pescas de cientos de miles de huevos.

Las mangas planctónicas no son muy efectivas en la captura de larvas de anchoas. O bien éstas evaden la boca de la red, o bien nadan muy por debajo de la superficie, en donde es imposible hacer pasar una manga planctónica en aguas poco profundas porque generalmente se pega en el fondo. Ha sido obtenido buen éxito en la captura de grandes cantidades de anchoas larvales, predominantemente anchovetas si es que el predominio de los huevos de esta especie es un índice de su abundancia, con una red nutria de arrastre, standard. Un tejido fino de nylon, con aperturas de un milímetro, fué colocado en el extremo de la red. Este método fué descubierto después de haber realizado esfuerzos inútiles en la recolección de suficientes cantidades de larvas con varios otros tipos de mangas planctónicas.

Anchoas larvales de menos de 25 milímetros fueron encontradas en aguas poco profundas, generalmente en las mismas regiones en que se hallaron los huevos. Los peces juveniles mayores de 25 milímetros se alejan de la costa y se presentan en grandes cardúmenes en las aguas abiertas y claras. Las recolecciones de anchovetas juveniles de tamaños más grandes que son fácilmente identificadas, fueron hechas con atarraya.

Investigaciones en el Golfo de Panamá

En mayo de 1957 fueron obtenidos nuevos locales para nuestro personal en Panamá, en la Universidad de Panamá. El laboratorio de la Isla Taboga se ha mantenido como estación regional para trabajos especiales que no pueden hacerse en la Universidad.

El personal en el laboratorio de Taboga, en colaboración con el del laboratorio instalado en la Universidad, continúa las investigaciones acerca de la historia natural de la anchoveta y los efectos de las variaciones en la hidrografía sobre la abundancia de esta especie.

Durante el año se completaron los estudios sobre la edad, proporción del crecimiento y desove de las anchovetas adultas, y actualmente se efectúa una investigación intensiva sobre las primeras manifestaciones en la historia natural de la especie. Estas características de la investigación han sido ya tratadas anteriormente.

Este es el tercer año sucesivo en que se ha efectuado un experimento de marcación en gran escala, en un esfuerzo para determinar los movimientos migratorios de la

anchoveta en el Golfo, y para obtener una posible base que permita medir la proporción de la explotación de los recursos por la pesquería. Estos experimentos no han tenido éxito. En 1955 fueron marcadas 13,000 anchovetas y solamente se logró recobrar una. Durante 1956, se marcaron 42,400 peces, de los cuales diez peces con la señal fueron capturados más tarde. Este año se han liberado con su marca 23,500 peces, y no se ha logrado ningún recobro.

Una marca de cazonete plástico fué usada en todos los experimentos. El bajo porcentaje de recobros debe ser atribuído a uno o a todos los siquientes factores: (1) Una alta mortalidad ocasionada por la operación misma de la marcación y el manejo de los peces; (2) un alto porcentaje en el desprendimiento de las señales; (3) una intensidad muy baja en la pesca; (4) baja visibilidad para descubrir los peces señalados dentro de los tanques de carnada de los barcos pesqueros. Los experimentos en virtud de los cuales se mantienen tanto peces marcados como no marcados, en viveros, demuestran que entre los primeros se produce una mortalidad inicial de un 50 por ciento, como resultado de la operación misma de la marcación. Debido a una serie de accidentes desafortunados, ninguno de los experimentos de este tipo nos ha llevado a una conclusión satisfactoria, por lo que no tenemos una buena estimación de la proporción de pérdidas de la marca de cazonete usada; solamente se sabe que esa pérdida es alta, tal vez hasta de un 30 por ciento. Las señales se desprenden de los peces porque el monofilamento de nylon que sostiene la cazoneta de metal y la gaza plástica en el pez, corta la carne. Se han propuesto otros experimentos hasta en tanto la marca actual no pueda ser mejorado, o se diseñe una más conveniente para substituirla.

Las anchovetas habitan áreas a lo largo de la costa de Colombia, al sur del Golfo de Panamá, y también la Bahía de Montijo, que está al noroeste. La comparación de los caracteres numéricos y morfométricos de ejemplares tomados de estas regiones, hace pensar que no se produce un libre intercambio de anchovetas entre estas localidades, pero que esto no estorba la posibilidad de uno mezcla parcial de las poblaciones. Es razonable la conclusión de que los stocks constituyen unidades separadas, por lo menos durante sus estados adultos, cuando viven exclusivamente en aguas costeras bajas y turbias, porque las separan grandes distancias marinas en donde no encuentran un ambiente de vida favorable. Sin embargo, durante la primera parte de cada año, de enero a marzo, la nueva clase anual en el Golfo de Panamá, es encontrada en las aguas profundas fuera de la costa, en donde pueden verse fácilmente cardúmenes grandes y compactos. Luego, en abril, se trasladan a las aguas costeras, en donde permanecen durante el resto de su vida. Si el desove se produce aproximadamente al mismo tiempo, a lo largo de la costa de Colombia y en la Bahía de Montijo, es bien posible que estas poblaciones puedan entremezclarse, considerando que cubren grandes distancias durante los primeros meses de vida. Esto podría dar como resultado algún intercambio entre estas poblaciones.

En febrero se planearon viajes exploratorios a lo largo de la costa, desde Panamá a Buenaventura y Bahía de Montijo, cuando se presentan anchovetas jóvenes en muy grande abundancia, aguas afuera en el Golfo de Panamá. Desafortunadamente hubo que efectuar reparaciones inesperadas en nuestra embarcación de investigaciones, y

los viajes hacia ambas localidades tuvieron que retrasarse hasta fines de marzo y principios de abril. Por esa época, muy pocos cardúmenes grandes de anchovetas permanecieron en las aguas abiertas del Golfo de Panamá, y ninguno fué visto en las otras regiones. Sin embargo, se hicieron varias recolecciones de anchovetas en su primer año de vida y también en su segundo año aún mayores, por medio de atarraya y de una red camaronera de arrastre, en aguas costeras de la costa de Colombia, entre los grados 4°40′ y 5°20′N. de latitud. Los intentos para pescar anchovetas en la Bahía de Montijo resultaron inútiles.

Aún cuando la exploración a las aguas colombianas, hasta a Buenaventura, no contribuyó a nuestro conocimiento sobre si las anchovetas de esa zona y las del Golfo de Panamá están asociadas entre sí, las recolecciones que se hicieron en dichos viajes resultaron sin embargo muy útiles. En esas recolecciones estaban representados los peces de los dos grupos de edades: los del primer año medían entre 75 y 110 milímetros de longitud; los otros medían de 125 a 155 milímetros y eran los que se encontraban en su segundo año o algo mayores. Las recolecciones hechas en Panamá, en la misma época, incluyeron dos grupos de tamaños que medían de 60 a 105 y de 135 a 160 milímetros, respectivamente. Los ovarios de las hembras del grupo de mayor tamaño de los peces colombianos, se encontraban, o desovados o en período de descanso, lo mismo que los peces más grandes capturados en el Golfo de Panamá. Las longitudes comparables del grupo entrante en la pesquería (un año) y las condiciones similares de las gónadas de los peces mayores, indican que el desove se produce aproximadamente al mismo tiempo en ambas regiones.

La investigación sobre los efectos producidos por el afloramiento estacional, que es el resultado de un considerable aumento en la fuerza de los vientos nórdicos durante el período entre noviembre y abril, fué comenzada en diciembre de 1954 y se continúa al presente. En una estación fija a 10 millas al suroeste de la Isla Taboga, se hacen observaciones quincenales para medir la distribución vertical de la temperatura, la salinidad, el oxígeno y el fosfato. Con el fin de medir también la producción estable de fitoplancton y zooplancton, se efectúan arrastres cuantitativos con mangas planctónicas adecuadas; se toman muestras de agua para la enumeración de las especies de fitoplanton; y se emplea la técnica del carbón 14 para determinar la proporción de la producción primaria. Por medio de un termógrafo instalado en la Isla Taboga, se obtiene continuamente el record de la temperatura de la superficie del mar, y se hacen tres exploraciones en el Golfo durante el año para determinar la variación estacional en la distribución vertical de la temperatura. La Compañía del Canal de Panamá, ha puesto a nuestra disposición datos hidrográficos adicionales y ciertas informaciones meteorológicas. Estas incluyen el nivel medio mensual de las aguas marinas, las temperaturas medias diarias de la superficie del mar en Balboa, y las velocidades diarias del viento de acuerdo con su dirección. Las anotaciones sobre niveles y temperaturas marinas proceden de Balboa, mientras que los datos sobre velocidad del viento son tanto de Balboa como de Cristobal. Los records de la Compañia del Canal de Panamá se extienden a 50 años atrás.

En el Informe Anual correspondiente a 1956, aparece una figura para ilustrar algunos de los fenómenos físicos y químicos relacionados con el afloramiento, según fueron determinados por las observaciones hechas en la estación fija a que hemos

hecho referencia y por los datos de la Compañia del Canal de Panamá. La fuerza de los vientos nórdicos fuera de la costa, los cuales soplan fuertemente durante los meses de invierno, transportan el agua tibia de la superficie, que es de baja salinidad, llevándola fuera del Golfo. Esa agua tibia es reemplazada por agua más fría de más alta salinidad, que se origina en las profunidades intermedias, mar adentro. Estas aguas afloradas son ricas en fosfato y otros elementos nutritivos, y provoca un gran aumento en los cultivos estables de fitoplancton y zooplancton, que mantienen a las anchovetas y a otros peces en el Golfo de Panamá.

Como el volumen del afloramiento es variable de un año a otro, con la consecuencia de posibles efectos sobre las poblaciones de peces, es de interés investigar las variaciones en los factores relacionados con dicho fenómeno (vientos, niveles marinos, temperaturas de la superficie del mar), que han sido medidos regularmente por la Compañia del Canal de Panamá desde 1908. Durante 1957 se hizo un análisis de esta extensa serie de datos físicos, para investigar: (1) La correlación entre las diferentes mediciones o determinaciones (2) La posibilidad de tendencias a largo plazo, y (3) La posible existencia de ciclos, que pueden ser de valor para el pronóstico. Los resultados principales de este estudio fueron la demonstración de que hay una correlación muy estrecha entre los valores mensuales correspondientes a los vientos nórdicos, a los niveles y a las temperaturas marinas, promediados en toda la serie.

Las anomalías anuales de estas variables durante los meses del "afloramiento" (enero a abril) están correlacionadas también, pero no a tan alto grado. Existe en apariencia una tendencia a subir, a largo plazo, en la temperatura media y en el nivel medio del mar durante estos meses, tendencia asociada a una disminución de los vientos nórdicos, indicando, en consecuencia, un afloramiento menor en los años recientes, comparado con los primeros años de la serie. Sin embargo, se encuentran superimpuestas grandes oscilaciones esencialmente azarosas en su naturaleza. Hay una ligera evidencia de una variación cíclica de un período de unos 6.5 años en la temperatura marina, pero este componente, si realmente existe, es tan pequeño con relación a la variación azarosa, que no se considera que puede tener un valor práctico para el pronóstico. Ha sido completado un trabajo sobre este estudio para su publicación.

Investigaciones en el Golfo de Nicoya

Las investigaciones comenzadas anteriormente en el Golfo de Nicoya, fueron continuadas durante 1957 con base en el laboratorio regional de Puntarenas. Los estudios persiguen los siguientes propósitos: (1) Evaluación del experimento de transplante de 1953, efectuado para rehabilitar la población de anchoveta; (2) Elucidación de la historia natural y ecología de la anchoveta y de otras especies útiles como carnada para el atún, en particular la gallera (*Opisthonema libertate*); y (3) Recolección de datos hidrográficos para la determinación de las variaciones en el medio ambiente, de una estación a otra y de un año a otro.

La población de anchovetas en el Golfo se mantiene a un nivel muy bajo; está muy lejos de tener valor comercial. La búsqueda sistemática de anchovetas durante el año indica que los adultos eran menos numerosos aún que en los años precedentes

desde que el trasplante se efectuó. Por otra parte, las pescas de juveniles (de 30 a 50 milímetros de longitud standard) realizadas principalmente en noviembre y diciembre, resultaron notoriamente más altas que en años anteriores. A pesar de que la contínua presencia de juveniles demuestra que la población se reproduce, es necesario informar que no hay aparentemente un aumento apreciable en ella.

Este es el cuarto año consecutivo en que se ha observado que la captura de anchovetas juveniles aumenta remarcablemente al comenzar la estación seca. Las pescas entre diciembre y febrero son apreciablemente más grandes que en otros meses del año. Aún cuando el exámen de las gónadas de ejemplares adultos hace pensar que algunas anchovetas desovan durante casi todo el año, el máximum ordinario en las pescas de juveniles entre diciembre y febrero, indica qua la reproducción es mucho más intensa en el otoño.

Las exploraciones rutinarias en el Golfo, para obtener huevos de anchoas y larvas, siguen ahora los procedimientos adoptados en el laboratorio de Panamá. Se espera que el material que se recoge nos ha de proporcionar en el futuro una información adicional sobre las épocas y áreas de desove dentro del Golfo.

A pesar de que hay numerosas especies de anchoas y arenques en el Golfo, además de la anchoveta, y varias de ellas son muchísimo más abundantes que ésta, unas pocas parecen ser potencialmente valiosas como carnada para el atún. Sin embargo, la gallera, de la cual existe una población muy grande, se pesca para carnada en cantidades considerables en otras regiones, particularmente frente a la costa de México. Como se trata de un substituto valioso cuando no se puede disponer de otras especies más deseables, este año hemos intensificado nuestros estudios sobre la edad, crecimiento y desove de la especie en el Golfo. Las informaciones sobre la edad y crecimiento se obtienen por medio del estudio de la progresión de los modos de las distribuciones mensuales de la frecuencia de longitudes. El examen macroscópico de los ovarios y las mediciones de los huevos ováricos nos proporcionan información en cuanto al período de desove, lo mismo que las pescas de ejemplares juveniles. Aparentemente la gallera desova durante todos los meses, pero todavía no tenemos datos suficientes como para afirmar si se registran o no puntos máximos en posibles curvas de reproducción durante el año.

Para tener una base que nos permita elucidar el régimen hidrográfico en el Golfo, han sido anotadas observaciones a intervalos regulares, en una serie de estaciones, desde el fondo del Golfo hasta su entrada. Se han hecho determinaciones de la distribución vertical de la temperatura y salinidad desde 1952, y mediciones similares de oxígeno desde fines de 1955. En el muelle de Puntarenas fué instalado en 1954 un termómetro de registro contínuo, y semanalmente se han hecho mediciones de la salinidad de la capa superficial del mar en esa localidad. Por cortesía del Gobierno y de otras entidades, obtenemos datos, sobre observaciones meteorológicas y descarga de los ríos, de diversas estaciones de Costa Rica. Todos estos datos están en proceso de análisis para formarnos un cuadro de las variaciones anuales y estacionales en el régimen del Golfo, ya que el conocimiento de estas variaciones es deseable para una comprensión mejor de la ecología e historia natural de la anchoveta y de otras especies de anchoas y arenques que habitan el Golfo.

El análisis de los datos a que se ha hecho referencia anteriormente, es contínuo, pero pareciera que el ciclo de cambios anuales en la temperatura y salinidad, está estrechamente relacionado al de la radiación solar y la precipitación. Los fenómenos

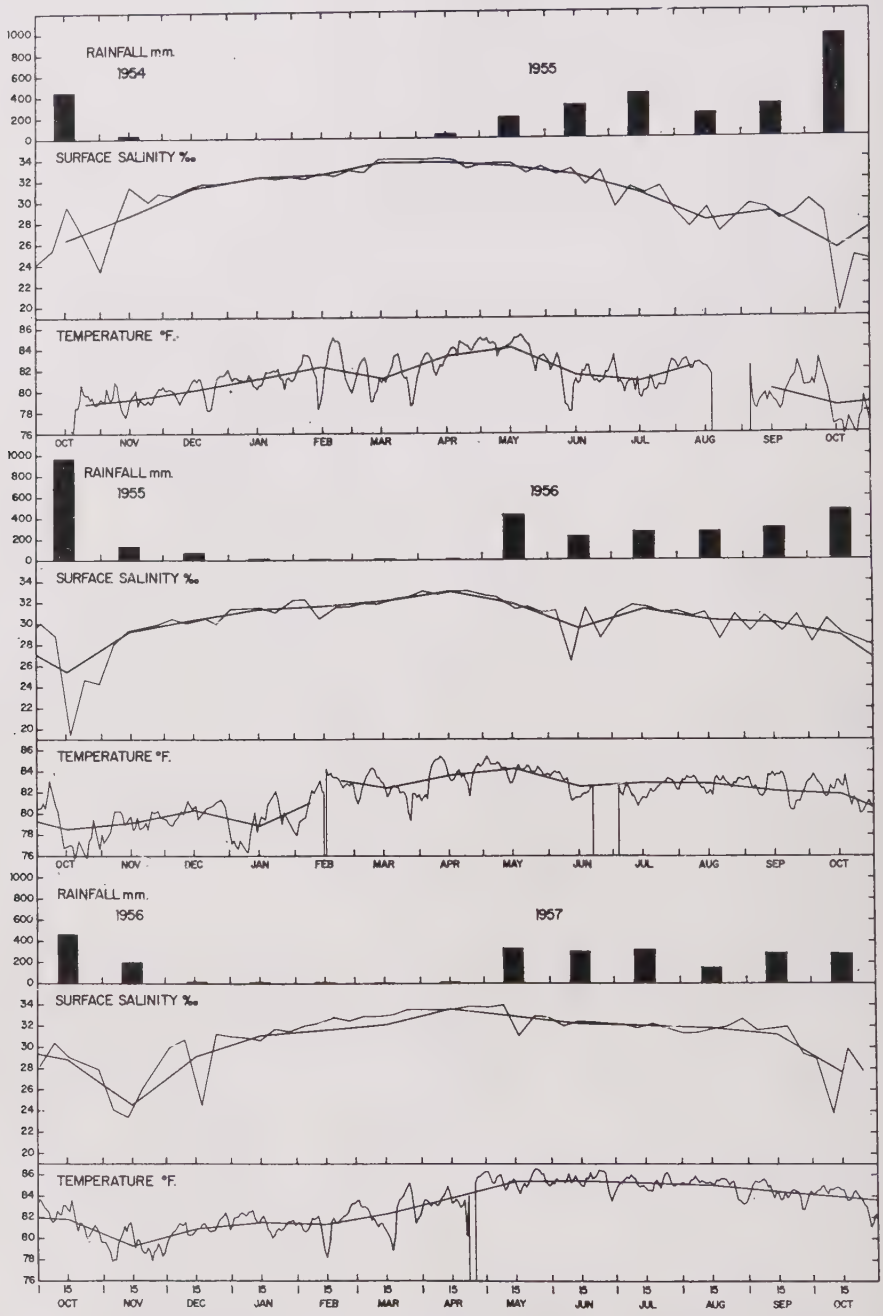

FIGURA 21. Salinidad y temperatura registradas en el muelle de Puntarenas, y lluvias en San Miguel de Barranca, de 1954 a 1957.

del afloramiento, tan importantes en el Golfo de Panamá, no son evidentes en el Golfo de Nicoya. Durante la estación seca (diciembre a mayo), las temperaturas y salinidad de la capa superficial del agua aumenta debido al calentamiento y a la evaporación, asociados a una ausencia general de protección por las nubes, y la distribución vertical de estas propiedades tiende a homogeneizarse. Durante la estación lluviosa (mayo a noviember), el aumento de la precipitación y la protección de las nubes reducen la salinidad y la temperatura. Los valores que dichas propiedades alcanzan en la superficie, llegan a un mínimum en octubre o noviembre, y las gradientes verticales correspondientes a ambas, aumentan, por lo menos en la parte superior, de 30 a 40 metros. La densidad del agua en la parte superior de 30 a 40 metros, cambia cíclicamente con la variación estacional en la temperatura y salinidad.

Los cambios en la temperatura y salinidad en el muelle de Puntarenas durante el período de tres años comprendido entre octubre de 1954 y octubre de 1957, tienen su ilustración gráfica en la Figura 21. Allí aparecen también los totales de las lluvias de cada mes en San Miguel de Barranca, situado unas 15 millas al este de Puntarenas. Esta figura presenta los datos sobre salinidad de la superficie, tomados a intervalos semanales, y el promedio de las lecturas diarias del termómetro de registro continuo, cuyo bulbo se encuentra 8 pies debajo de la profundidad media en aguas bajas, así como los promedios mensuales de cada una de las respectivas cifras. Los efectos de la lluvia extrema se hacen sentir particularmente durante octubre de 1955, cuando se registraron 970 milímetros. La lluvia pesada en ese mes coincidió con un descenso en la salinidad de la superficie hasta $20^0/_{00}$, con una temperatura de 76°F. En contraste, las salinidades superficiales alcanzaron $34^0/_{00}$ y la temperatura subió a 86.5°F durante las condiciones que impuso sequía desacostumbrada y prevaleciente durante 1957.

Aunque no hemos ahondado todavía el asunto con detalle, las mediciones de la producción de zooplancton no parecen tener ninguna relación notoria con los cambios estacionales en el régimen hidrográfico. Los volúmenes, sin embargo, varían con la localidad. Tienden a ser los más altos al fondo o cabeza del Golfo, y a disminuir hacia la entrada, Los altos volúmenes obtenidos al fondo, pueden ser el resultado de una concentración de elementos nutritivos arrastrados a esta área por el Río Tempisque.

Publicaciones de los resultados de las investigaciones

Como se ha dicho en el informe de los Comisionados, página 29, se terminaron para su publicación durante el año, tres trabajos sobre investigaciones que se incluyen en nuestra serie de *Boletines*.

El personal de la Comisión también hace publicaciones en otros órganos de prensa. Dos de estos trabajos vieron la luz durante el año, a saber:

14. Schaefer, M. B.

    1957 — Algunas consideraciones sobre la dinámica y economía de las poblaciones en relación con el manejo de las pesquerías marinas comerciales.
    Journal Fisheries Research Board of Canada, Vol. 15, No. 5, páginas 669-681.

15. Schaefer, M. B.

1957 — Utilización y conservación de los recuros de atún en el Pacífico Oriental Tropical. Transactions, 22a. Conferencia Norteamericana sobre Vida Silvestre, páginas 472-484.